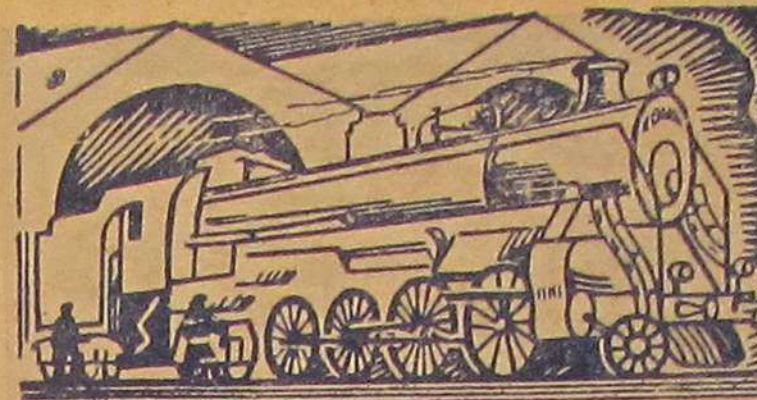


Цена 1 руб. 25 коп.

8277

АДРЕС ИЗДАТЕЛЬСТВА:
Ростов н-Д., Буденновский пр., 30
СКЛАД ИЗДАНИЙ:
Ростов н-Д., Московская улица, 53
КНИГОЦЕНТР



ИЗВЕСТИЯ

РОСТОВСКОГО
ИНСТИТУТА
ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНО-ДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА

Инж. Н. А. ФУФРЯНСКИЙ

ВЫПУСК V

ИСПЫТАНИЯ
И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МОТОВОЗОВ
НА ГЕНЕРАТОРНОМ ГАЗЕ
ИЗ АНТРАЦИТА

АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОЕ КРАЕВОЕ КНИГОИЗДАТЕЛЬСТВО — 1936

Инж. Н. А. ФУФРЯНСКИЙ

ИСПЫТАНИЯ
И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МОТОВОЗОВ
НА ГЕНЕРАТОРНОМ ГАЗЕ
ИЗ АНТРАЦИТА

ВЫПУСК V

СОДЕРЖАНИЕ.

Предисловие	3
Вместо введения	4
Описание газогенераторной установки	6
Конструкция отдельных элементов	7
Основные процессы образования генераторного газа	12
Испытание газогенераторной установки в лабораторных условиях	15
Общие испытания	15
Топливо, шлаки, зола	18
Качество газа, как функция высоты слоя топлива, числа оборотов двигателя и марки топлива	19
Серия специальных стендовых испытаний	25
Методика испытаний	26
Определение качества газа в зависимости от высоты забора газа из генератора	26
Работа двигателя и качество газа при различных формах генератора	26
Влияние серных и сернистых соединений на установку и мотор	27
Определение мощности двигателя	27
Разбор материала испытаний	27
Работа двигателя при различных формах генератора	29
Влияние серных и сернистых соединений на установку и мотор	30
Динамометрические испытания	33
Эксплуатация и уход за установкой	37
Выводы	41



Ответ. редактор и. о. проф. В. Сердюк.
Ведущий редактор М. Л. Соколов.
Техред. Д. П. Копитцов.

Изд. № 301/5161. Зак. науч. Сдано в набор 19-IX 1936 г. Подписано в печать 4-X 1936 г.
Формат Б⁵ (176×250). Объем 2,5 п. л. (1,25 б. л., 120.000 зн. в 1 б. л.). Тираж 1000.
Уполкранлит Н-1211.

Гостипография им. Коминтерна и переплетная фабрика „Красный переплетчик“ НКМП
АЧПТ в Ростове на Дону. Заказ № 2653.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Мысль освоения газогенераторов, работающих на генераторном газе в условиях мобильных установок — на мотовозах, еще так недавно считавшаяся весьма трудной и неблагодарной задачей, ввиду специфических условий антрацитового газогенераторного процесса, вложена в работу НИС РИИЖТ'а, проводимую под руководством инж. Н. А. Фуфрянского.

Построенные, по выработанным НИС РИИЖТ'а конструкциям, мотовозы, будучи испытаны и в стендовых и в эксплуатационных условиях, дали настолько ощутительные результаты, что уже является своевременной постановка вопроса о типовой конструкции газогенераторного мотовоза.

Печатаемая работа, представляющая собой результаты двух серий испытаний и газогенераторов и всего мотовоза в целом, дает интересные выводы, могущие привести к новым конструкциям газогенераторов в соответствии с особенностями происходящего в них процесса. Устойчивость процесса при разных нагрузках после этих опытов не подлежит сомнению.

Дальнейшая работа должна протекать под знаком тщательного изучения особенностей процесса в условиях мобильных установок — мотовозов для окончательного решения вопроса о типовом мотовозе, работающем на антраците.

Я сознательно умалчиваю об экономике вопроса в масштабе массового применения газогенераторных мотовозов: самый поверхностный подсчет показывает громадную экономию средств и, что еще существенней, жидкого горючего.

С большим удовлетворением отмечаю работу НИС РИИЖТ'а и моего энергичного и талантливого ученика инж. Н. А. Фуфрянского.

Профессор В. И. ФЕДОРОВСКИЙ.

С развитием отечественной автотракторной промышленности железнодорожный транспорт быстро оснащается моторами внутреннего сгорания.

Сотни и тысячи мотовозов, автомотрисс и различного рода тягачей, работающих на сети Союза и обслуживающих внутризаводской транспорт, ежегодно потребляют на десятки миллионов рублей ценнейшего вида топлива — бензина, экономия и замена которого является первоочередной задачей советской теплотехники.

Маломощность существующих мотовозов, высокая эксплуатационная стоимость их, наряду с большими затруднениями по хранению топлива на полевых станциях и дефицитностью бензина, становятся все большими препятствиями дальнейшего распространения этого технически передового агрегата. Однако, все указанные затруднения легко устраняются заменой бензина дешевым местным топливом, например: каменным углем и дровами.

Газогенераторные установки для разных топлив к легким двигателям внутреннего сгорания имеют уже свыше чем 30-летний возраст и получили большое распространение за границей, например, Германия придает огромное значение этому делу. Достаточно указать на существование закона, по которому на каждой транспортной машине (автомотриссе, тягаче, грузовике и пр.) должен быть установлен газогенератор или, в крайнем случае, предусмотрено для него место.

В Германии эксплуатируемый парк транспортных газогенераторных установок исчисляется тысячами.

Замена бензина в двигателях внутреннего сгорания генераторным газом из дров — давно положительно решенный вопрос. Что касается каменного угля, например, антрацита, широко распространенного в малолесистых районах СССР, то в научных кругах Союза долгое время существовало, а в некоторой части существует и ныне, убеждение, что этот вид топлива в транспортных условиях не пойдет благодаря целому ряду дополнительных трудностей, связанных с газификацией антрацита и применением генераторного газа в двигателях внутреннего сгорания (наличие серы в топливе, высокая температура горения, зашлаковывание и горение колосниковой решетки, топливника и т. д.). Это мнение укоренилось несмотря на многолетний опыт работы газогенераторов на антраците; так, например, завод Торникрофт (Англия) уже в 1905 году изготовлял транспортные газогенераторы, работавшие на антраците.

Научно-исследовательский сектор Ростовского на Дону Института Железнодорожного Транспорта, работая в этой области с 1932 года, в течение последних 2-х лет подверг тщательному изучению все вопросы,

связанные с газификацией антрацита, в результате чего сконструировано и построено несколько типов газогенераторов, работающих на антраците для мотовозов Калужского завода НКПС с двигателем ЗИС—5 в 73 л. с.

Мотовозы с газогенераторной установкой, после испытаний, нормально эксплуатируются в условиях маневровой и поездной работы. На 1 июля 1936 года оба мотовоза прошли свыше 15000 км, обнаружив полную пригодность уже первых конструкций к нормальной эксплуатации.

Судя по первой серии эксплуатации, включающей в этот промежуток времени наладку установки и освоение управления шоферами, можно сделать нижеследующий подсчет экономической целесообразности этого мероприятия (цены и расход топлива взяты по данным Азово-Черноморской железной дороги).

Стоимость тонны бензина 930 руб.

Стоимость тонны антрацита марки „Зубок“—19 руб. 72 коп.

Расход бензина мотовозами, обслуживающими хозяйственные перевозки и маневровую работу на участке Батайск—Сальск, составляет, в зависимости от выполненной работы, в тонно-километрах от 200 до 360 кг за одну поездку в оба конца.

В этих же условиях газогенераторные мотовозы, выполняя ту же работу и, как правило, выдерживая график, фактически расходовали за одну поездку в оба конца: бензина на запуски двигателя и розжиг генератора от 45 до 30 кг, антрацита от 300 до 650 кг.

Следует отметить, что с накоплением бригадами опыта по уходу за генераторной установкой расход бензина заметно снижался. Так, например, в контрольные поездки, вместо нормы для бензинового мотовоза, согласно произведенной работе в один конец—100 кг, израсходовано всего 5,5 кг бензина (94,5% экономии по бензину) и 220 кг антрацита. Следовательно, впереди большие возможности сокращения расхода бензина.

Ориентируясь на уже полученные среднемесячные данные по расходу горючего, произведем примерный подсчет экономии по топливу. При работе мотовоза в одну смену расход бензина на этом участке обычным бензиновым мотовозом в месяц, в среднем, составляет 1300—1800 кг на сумму 1200—1650 руб.

При работе этого же мотовоза на генераторном газе из антрацита расходуется бензина 180—270 кг, антрацита 2500—3500 кг на сумму 215—320 руб.

Таким образом, средняя экономия в месяц в одну мотовозо-смену составит от 1000 до 1400 руб. в месяц.

Годовая экономия бензина одним генераторным мотовозом, учитывая более интенсивное их использование, чем указано выше, выразится внушительной цифрой порядка 20000—30000 кг на 20—30 тысяч руб.

Если посчитать рабочий парк мотовозов Южных и части Центральных дорог Союза, то с переоборудованием его на генераторный газ из антрацита экономия этого благородного, ценного вида топлива достигнет десятков тысяч тонн на десятки миллионов рублей в год.

Приведенный подсчет будет неполным, если не учесть небольшой стоимости оборудования обычного мотовоза газогенераторной установкой. Так, например, Мотовозное депо Батайск Азово-Черноморской железной дороги изготовило газогенераторную установку внутренними силами за 1100 руб.

ОПИСАНИЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ.

Конструкция газогенераторной установки должна удовлетворять, кроме надежной, во всех отношениях, работы собственно газогенератора, следующим основным условиям:

1. Газ должен по пути в мотор хорошо очищаться от механического уноса (угольная пыль, конденсат, смолистые вещества).
2. Газ должен как можно лучше охлаждаться. Чем ниже температура газа у мотора, тем меньше его удельный объем, следовательно, при прочих равных условиях, с понижением температуры повышается объемная теплотворная способность этого газа и, как следствие, возрастает мощность двигателя.

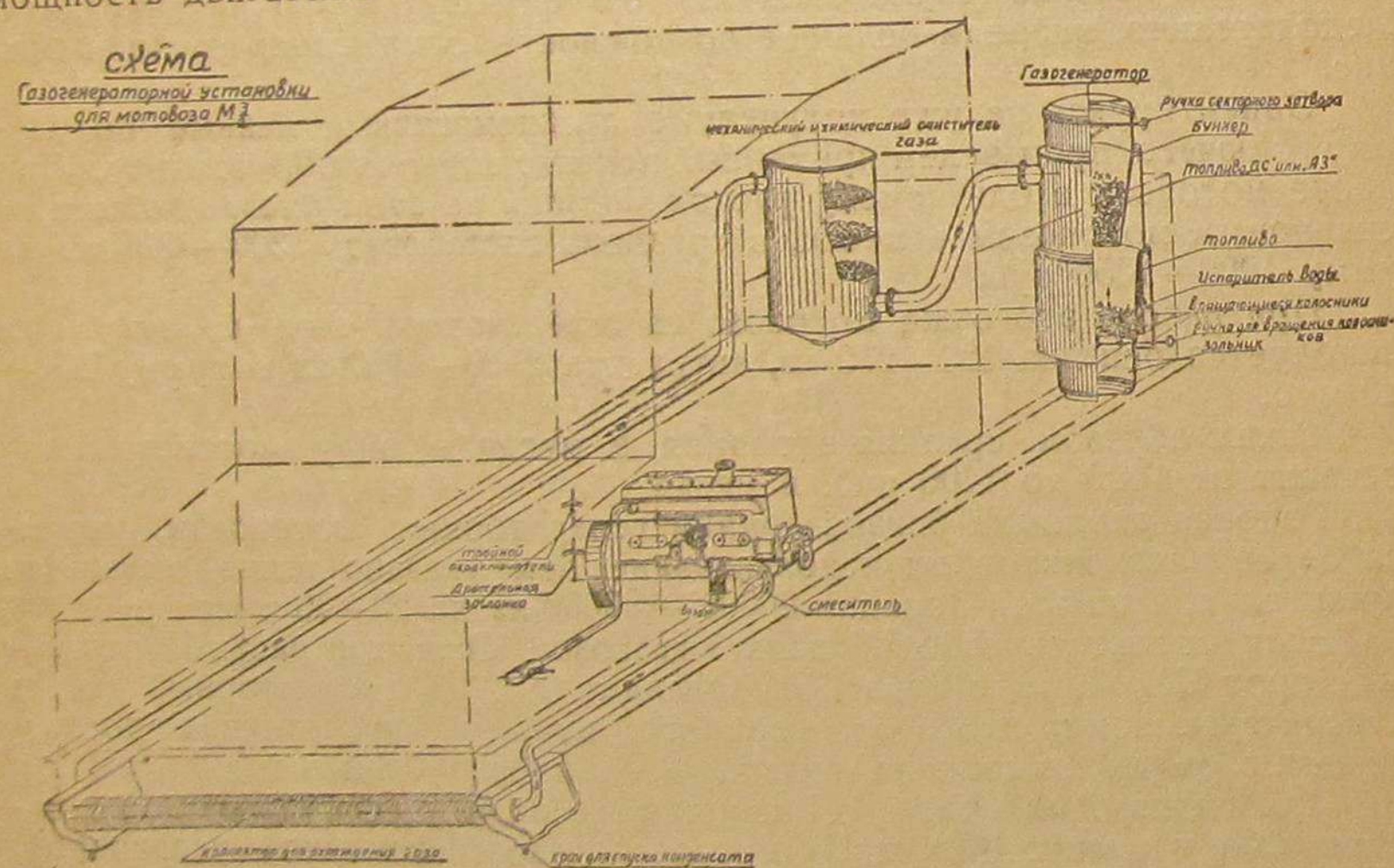


Рис. 1. Схема расположения газогенераторной установки на мотовозе.

3. Сопротивление газогенераторной установки газовому потоку должно быть минимальным. Это вызывается, как известно, следующим соображением: с увеличением сопротивления всасыванию газа уменьшается порция засосанной в цилиндры мотора топливо-воздушной смеси (уменьша-

ется коэффициент наполнения), поэтому общий тепловой заряд двигателя падает и, естественно, понижается мощность двигателя. По данным проф. Бриллинга, увеличение сопротивления в системе на 60 мм ртутного столба сопровождается потерей мощности мотора примерно на 8%.

4. До поступления в мотор газ должен хорошо перемешиваться с воздухом. Смешение должно быть тщательным, с целью создания благоприятных условий быстрого и полного сгорания в моторе.

Кроме того, для эксплуатации крайне важно, чтобы с изменением оборотов двигателя происходило автоматическое регулирование дозировки воздуха, в противном случае машинисту или шоферу пришлось бы очень часто регулировать вручную.

5. Установка должна быть безопасной в эксплуатации (устранение возможности взрыва газа в системе) и удовлетворяющей санитарным и противопожарным требованиям.

6. Генераторный газ, вообще говоря, должен быть очищен от серы, в противном случае установка и мотор должны быть стойкими против корродирующего действия серных соединений.

Газогенераторная установка состоит из газогенератора, очистителя, охладителя, смесителя и газобензинопереключателя.

На рис. 1 представлена схема расположения установки на мотовозе. Газогенератор установлен в одном из балластных карманов (ящиков) мотовоза, рядом с генератором помещается ёмкий очиститель газа. Холодильник расположен под противоположным балластным ящиком мотовоза.

Двигатель, первоначально запущенный на бензине, создает разрежение в газогенераторной установке, под действием которого газ подсасывается к мотору и, в дальнейшем, питание двигателя осуществляется газом.

Газ, образовавшийся в генераторе, проходит всю установку в такой последовательности (см. рис. 1):

газогенератор—очиститель—холодильник—смеситель—и, далее, через газобензинопереключатель, в мотор.

КОНСТРУКЦИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.

Газогенератор (рис. 2).

Газогенератор устроен по принципу прямого мокрого процесса. Воздух вместе с паром, необходимым для газификации антрацита, подается снизу, а газ отбирается сверху.

Газогенератор состоит из следующих, основных, элементов: колосниковой решетки, топливника, бункера для запаса топлива и паровоздушной рубашки.

Колосниковая решетка. Нами применяются две конструкции вращающихся колосников—литые чугунные и железные сварные.

Литая чугунная колосниковая решетка (диаметр 400 мм) состоит из трех секторов, вращающихся от общей тяги вокруг своих осей, укрепленных в цилиндре зольника.

Отверстия для прохода воздуха выполняются дырчатого типа или сплошными продольными щелями.

Устройство железной сварной решетки следующее: к наружному кольцу (корпусу решетки) приварена половина всех колосников, изготовленных из полосового железа 8×40 мм, остальная половина укреплена на валике, который проходит по диаметру через наружное кольцо решетки, поперек неподвижных колосников.

Колосники, приваренные к валику, могут вращаться вместе с вали-

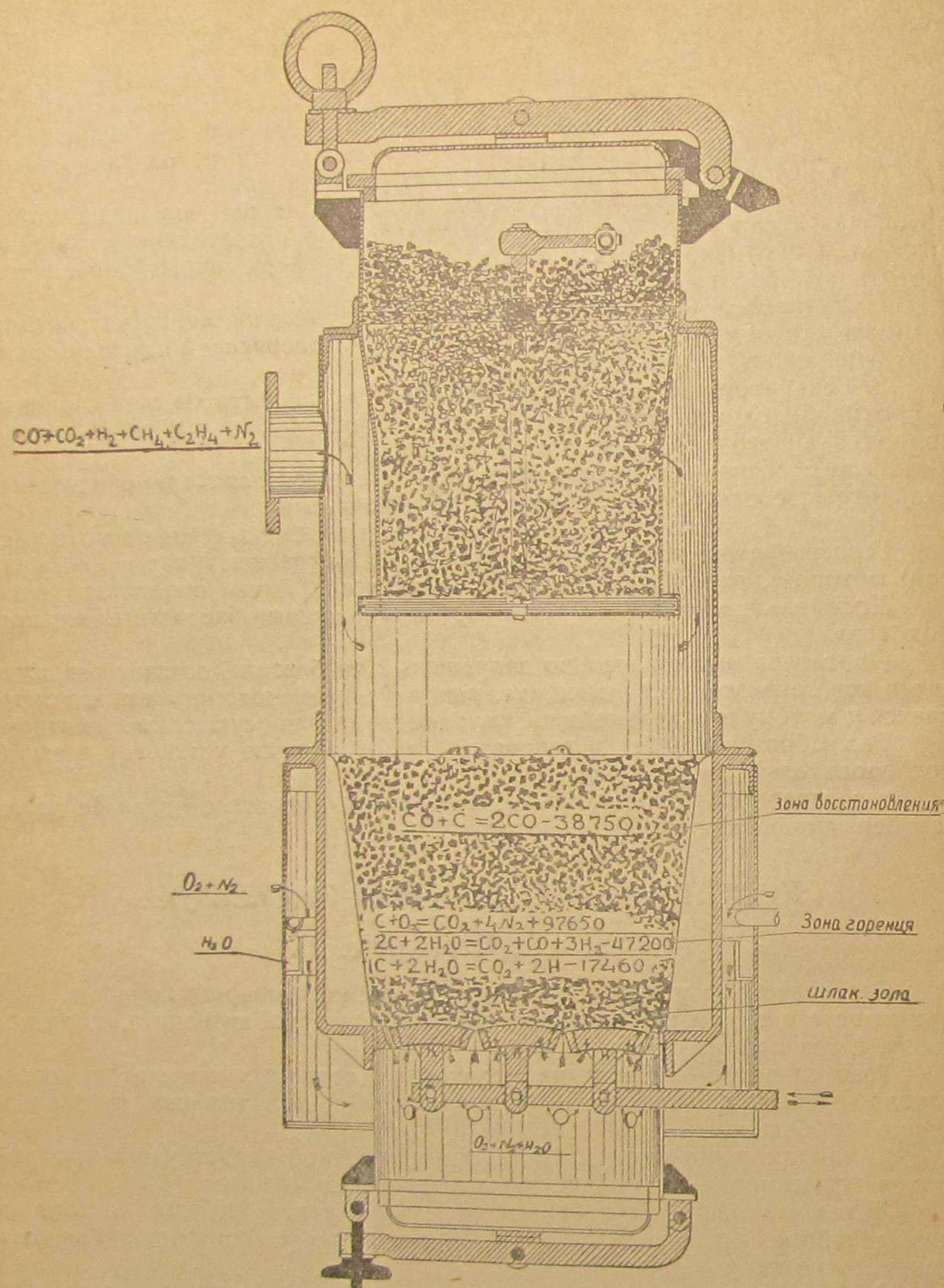


Рис. 2. Генератор.

ком; при этом каждый подвижный колосник приходится через один неподвижный.

Вращение (поворот) валика, а следовательно, и колосников осуществляется от шофера по мере надобности в шуровке нижней части генератора и освобождения от части золы и шлаков.

Мы указываем здесь „от части золы и шлаков“ потому, что желаем подчеркнуть важное принципиальное обстоятельство: ранние многочисленные эксперименты с газификацией антрацита в транспортных установках заканчивались сгоранием и запеканием колосниковой решетки, что, иногда, выступало, как крупное препятствие на пути внедрения антрацита и других каменных углей в качестве топлив, пригодных для легких газогенераторов.

Однако, поддержание некоторого, выработанного практикой, слоя шлаков (шлаковой подушки), улучшает условия работы колосниковой решетки. При поддержании шлаковой подушки, в нашем случае около 30—40 мм, колосники всегда черные и служат вот уже свыше 1000 часов без единого ремонта.

При образовании спекшихся шлаков колосники описанных конструкций легко режут эти шлаки, измельчают их и, далее, выбрасывают в зольник. В случае необходимости полной разгрузки генератора можно несколькими резкими поворотами валика быстро просыпать все топливо в зольник.

Из практики работы стационарных газогенераторов на антраците известны частые случаи местных прогаров топлива, что резко ухудшает качество газа. Наличие возможности быстрой ликвидации этого неприятного явления значительно выравнивает ход генераторного процесса и создает уверенность и надежность действия газогенератора.

В стационарных газогенераторах для антрацита за появлением прогара наблюдают через гляделки и, обнаружив таковой, производят сначала шуровку, а затем подсыпают свежее топливо.

В нашем случае гляделки отсутствуют, так как появление прогара сейчас же сопровождается резким повышением температуры газа за генератором и ухудшением качества газа, что немедленно сказывается на работе мотора.

Устранение прогара у нас, практически, не требует заметного расхода времени (максимум 1,0-1,5 минуты) и осуществляется следующим образом: сначала производится нижняя шуровка (вращение колосников, разрыхление и просыпание части золы и шлаков), а затем досыпается небольшая порция свежего топлива из запасного бункера. Таким образом, поддержание процесса в хорошем состоянии и питание генератора свежим топливом производится без открытия верхней крышки газогенератора и, следовательно, без нарушения работы двигателя.

Топливник ребристый, отлитый из обычного серого чугуна (см. рис 2). Ребра (или кольца) сплошные горизонтальные, выступающие из основного корпуса в нижней части топливника на 44 мм, в верхней—на 22 мм. Всего ребер (горизонтальных колец) 8. Высота топливника—430 мм. Толщина тела 12 мм, толщина каждого ребра 8—10 мм.

Топливник с внутренней (рабочей) стороны обмазывается специально подобранным огнеупорным составом, который после обмазки окрашивается раствором графита, тщательно (медленно) просушивается и отжигается.

Таким образом, ребра служат как бы несущим каркасом для обмуровки; кроме того, во время формовки, в шипах, между ребрами, остаются гвозди, которые еще сильнее связывают обмуровку и предохраняют от разрушения и осыпания.

Обмуровка, как показано на рис. 2, в своей массе полностью скрывает ребра, предохраняя их от сгорания, и лишь два верхних ребра находятся заподлицо с обмуровкой, что сделано для выяснения влияния температур на топливник.

Следует отметить, что топливник описанной нами конструкции в эксплуатации себя вполне оправдал. В течение 7 месяцев непрерывной работы частичное обновление обмуровки в нижней части топливника произведено один раз.

В этой детали генератора, как и во всех прочих элементах всей установки, ясно выражена тенденция к утяжелению. Это есть следствие проектирования установки именно для железнодорожного мотовоза, который обладает тем лучшими динамическими данными, чем больше нагрузка на ось (в определенных пределах).

Для автомобильных газогенераторов эта тенденция прямо противоположна.

При проектировании газогенератора, работающего на антраците для автомобиля, условия облегчения установки легко удовлетворяются.

Бункер, изготовленный из 4-миллиметрового железа, имеет секторный затвор, управляемый от пом. машиниста (пом. шофера) или машиниста (шофера).

Затвор состоит из 6 железных секторов, толщиной каждый в 6 мм, входящих в момент открытия в специальные пазы. Запас топлива в бункере, без пополнения, достаточен на 3-4 часа работы мотовоза. Вместе с топливом, засыпанным первоначально в топливник, можно работать без досыпания угля в течение 5—6,5 часа.

В бункер вмещается 80 кг антрацита.

Нижняя часть бункера имеет диаметр 400 мм, чем достигается хорошее осыпание топливом не только центральной части топливника, но и периферии.

В эксплуатации (свыше 1000 часов работы) бункер описанной конструкции действовал вполне удовлетворительно, а освоение управления им (подсыпать топливо больше или меньше, смотря по работе мотора и газогенератора) заняло для шофера средней квалификации 2 опытных поездки (по 6 часов каждая).

Паровоздушная рубашка. Подача воды производится в ванночку, расположенную вокруг топливника и приваренную к внешнему кожуху газогенератора. При этом из рис. 2 видно, что вода сначала поступает в жолоб, винтообразно охватывающий топливник. В этом жолобе (разрезанная железная трубка $\frac{3}{4}$ дюйма) вода предварительно подогревается и, попадая в испарительную ванночку, быстро превращается в пар.

Воздух, проходя через окна, расположенные в шахматном порядке над испарительной ванночкой, подогревается и увлекает пар. Паровоздушная смесь направляется под колосниковую решетку и, далее, в топливник.

Регулирование подачи воды производится калиброванным краником у запасного водяного бака.

Такая конструкция пароприготовления хорошо решает вопросы охлаждения топливника и образования достаточного для процесса газификации антрацита пара (до 0,35—0,45 кг пара на 1 кг сожженного антрацита-зубка).

Шахматное расположение воздушных окон вызвано желанием хотя бы частично регулировать температуру подогрева воздуха (учитывая зимний и летний сезон).

Отбор газа производится 4-дюймовой трубой. Газогенератор изготовлен из 3-х и 4-миллиметрового железа.

вае
ход
теме
эксп
рабо
изве
уста
прое
торь
груз
поло
авто
ный
ниста
вход
кере,
топли
досы
роше
и пер
I
струк
им (п
газог
поезд
П
распол
газог
в жол
резанн
и, пол
Вс
над ис
душная
ливник
Рс
у запас
Та
лажден
кации а
цита-з
Ш
бы час
зимний
От
товлен

Основные размеры газогенератора: высота (общая)—1593 мм, внутренний диаметр верхней цилиндрической части—550 мм, нижней—650 мм, диаметр верхней части бункера—452 мм.

Механический очиститель газа. Механический очиститель газа представляет собою резервуар диаметром 600 мм и высотой 1000 мм. Нижняя часть очистителя коническая, с люком для очистки от уноса. Механический очиститель по высоте разделен на 3 камеры, перегороденные одна от другой металлическими сетками, на которых уложены железные стружки. При этом первая сетка, нижняя, грубее (реже) средней, средняя—реже верхней. Железные стружки вместе с сетками одновременно с механической очисткой производят и частичную химическую очистку газа.

Газ подводится в очиститель снизу. В силу резкого падения скорости и направления потока газа в очистителе механический унос выпадает в нижней части, а более легкие частицы удерживаются стружками.

Этот, на первый взгляд, примитивный очиститель дает удовлетворительную очистку, что подтверждается незначительным отложением уноса в сборных камерах холодильника при осмотре после 1000 часов эксплуатации.

В настоящее время, ввиду перспективы широкого применения газогенераторных установок описанной конструкции, нами спроектирован механический очиститель циклонного типа.

Охладитель (холодильник) газа состоит из двух сборных камер (правая и левая, см. рис. 1), соединенных между собою тремя железными 3-дюймовыми ребристыми трубами. Обе сборные камеры (литые) внутри имеют отбойные конденсационные помещения со спускными пробками.

Газ направляется из очистителя в левую сборную камеру, по 4-дюймовой трубе, в которой уже значительно охлаждается.

Попадая в сборную камеру, газ распределяется на три потока. Ребристые трубы для улучшения охлаждения смещены одна относительно другой. Далее, из второй камеры газ идет по 3-дюймовой трубе к смесителю.

Целям охлаждения газа, кроме холодильника, служат все соединительные трубы и очиститель.

Благодаря сильно развитой поверхности охлаждения (свыше 15 кв. м) газ, выходящий из газогенератора, даже при температуре 450—500° Ц, по пути к мотору охлаждается до 35—40° Ц при температуре наружного воздуха в +20 +25° Ц.

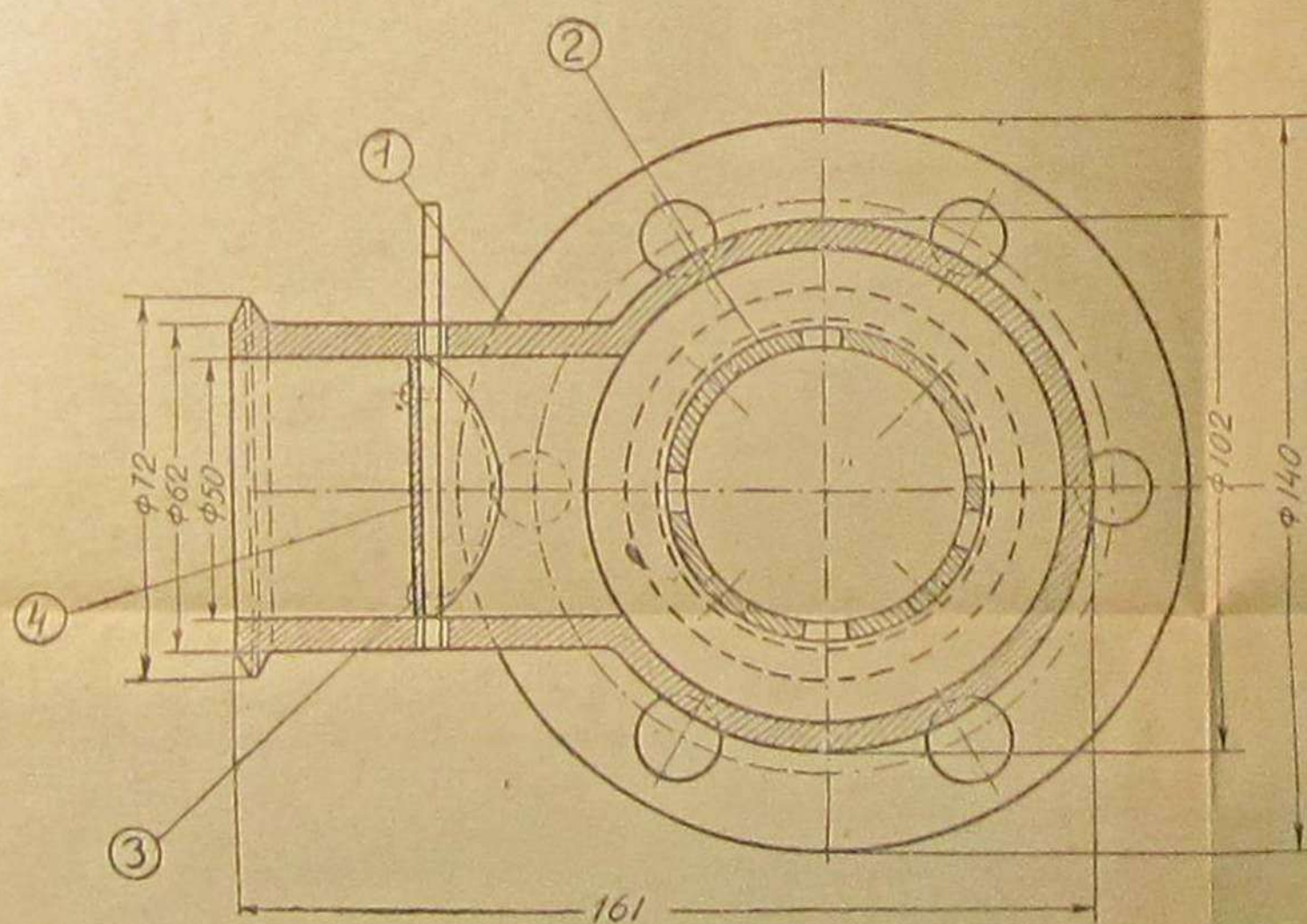
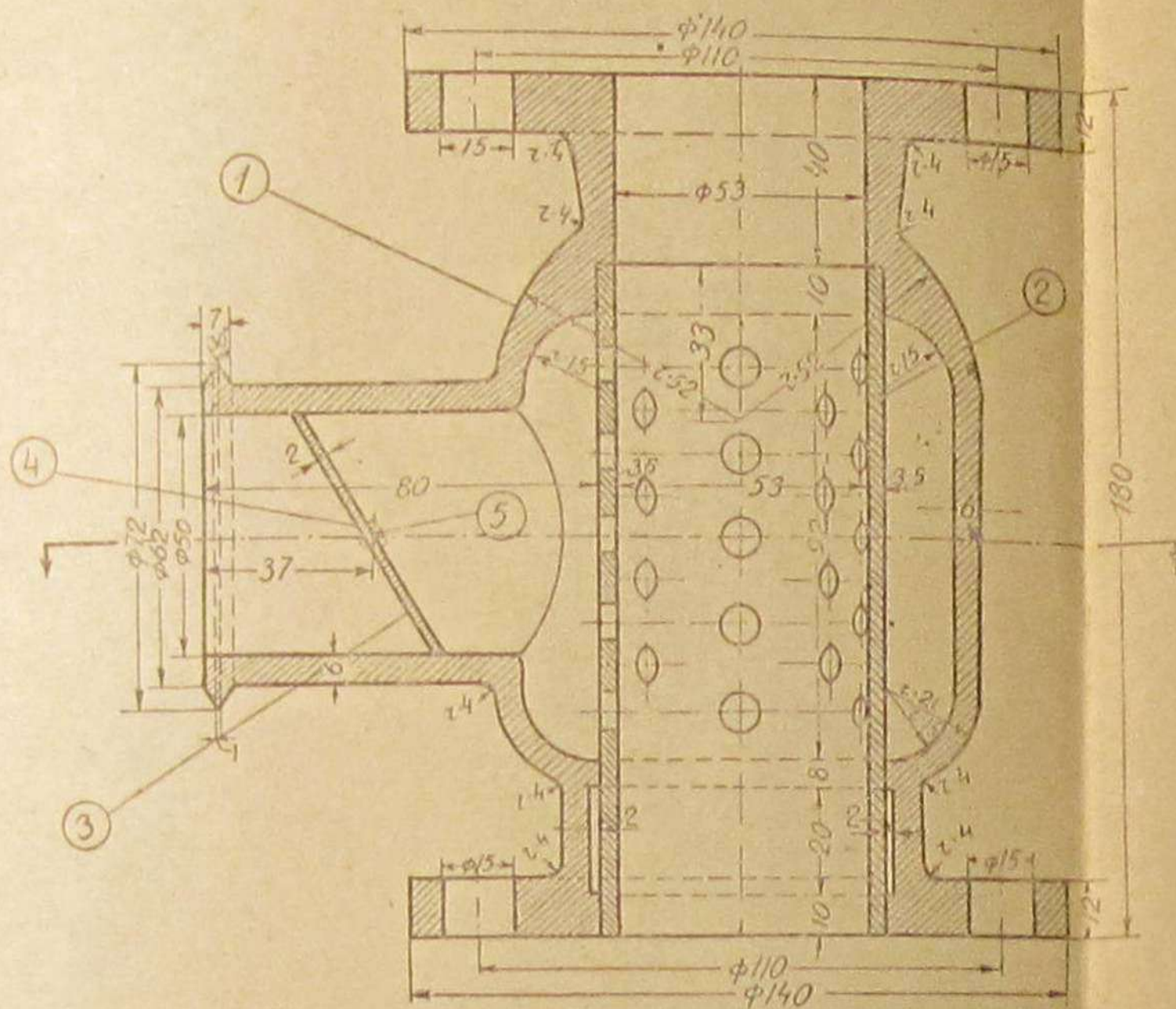
Смеситель газа с воздухом (рис. 3). Если смотреть на верхний левый чертеж рисунка 3, то газ поступает из газопровода в нижнюю часть смесителя, а воздух подсасывается через патрубок в пространство между втулкой и телом смесителя.

Втулка имеет отверстия, через которые воздух поступает во внутреннюю часть смесителя, где и происходит смешение. Суммарная площадь этих воздушных отверстий во втулке со стороны воздушного патрубка меньше, а с противоположной стороны больше: это предусмотрено для равномерного поступления воздуха со всех сторон втулки.

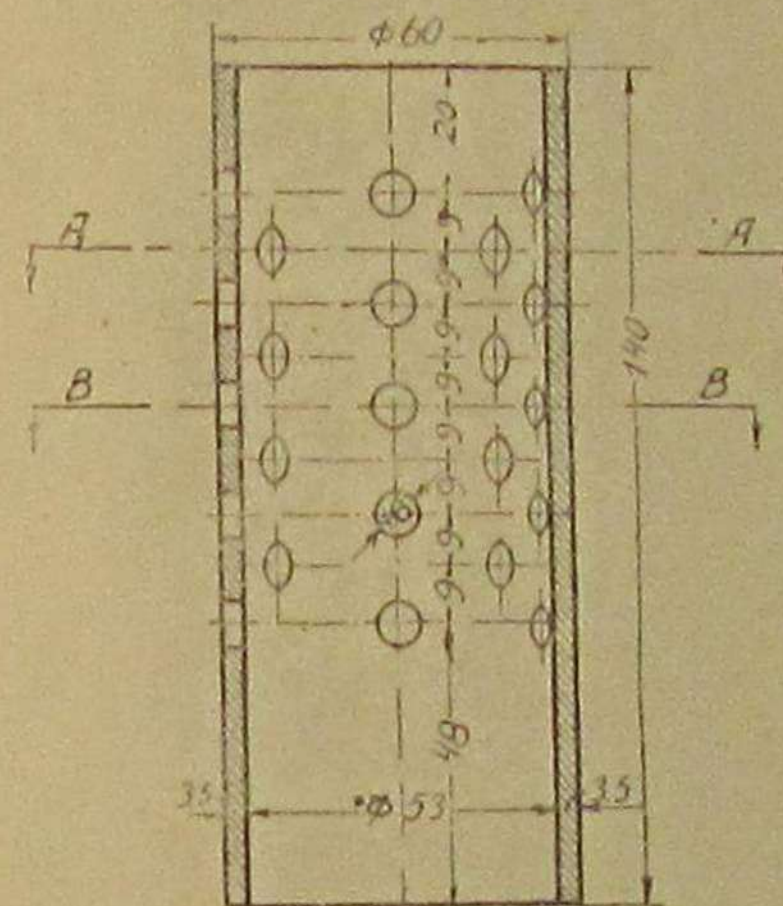
Разбивка суммарной площади отверстий во втулке следующая. Четверть площади, обращенная к воздушному патрубку, имеет 10% всей площади сечения отверстий, две четверти, которые проходят под углом в 90° к оси патрубка,—по 20% и противоположная к патрубку четверть втулки имеет 50% суммарной площади всех отверстий. При этом суммарная площадь сечения всех воздушных отверстий втулки в полтора раза больше площади сечения самого патрубка.

Регулирование качества смеси производится регулированием коли-

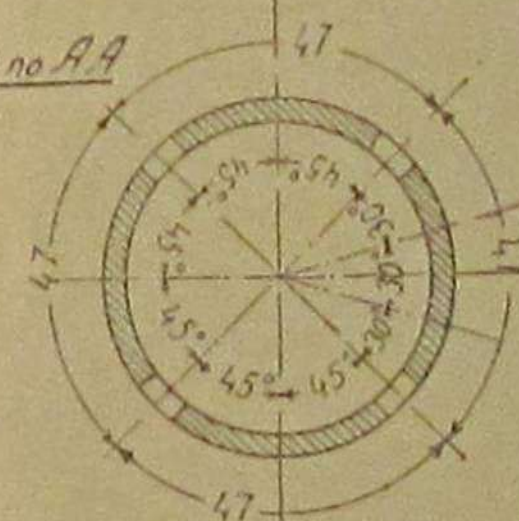
Общий вид смесителя



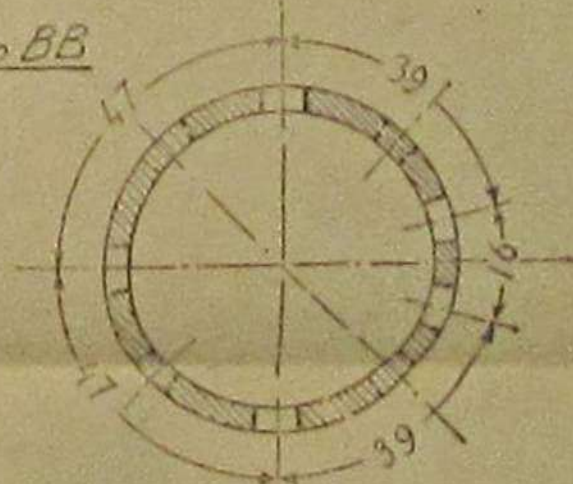
5	Винт с полукруглой головкой Е 4 д 2	2	СТ-0	ост. 214	00001	00002
4	Поворотный рычаг дросселя φ4 с 90	1	СТ-0	ост. 8	00006	00006
3	Дроссель 50×60×2	1	СТ-0	ост. 2	004	004
2	Втулка смесителя труба оцинков. Е-140 д 60	1	СТ-0	ост. 5095	068	068
1	Корпус смесителя	1	СТ-0	ост. 38	38	38
И.И. П.	Наименование и размер	М. 80 Н. 40	Мат.	М. 40 Н. 30	Мат.	М. 40 Н. 30
Примечание Относящиеся чертежи № №						
СССР-НИПС			Нач. сект.	М. 40 Н. 30	Мат.	М. 40 Н. 30
Ростовский ЦИ Институт			Ген. инж.	М. 40 Н. 30	Мат.	М. 40 Н. 30
Инженеров ЭС-д транспорта			Проект	М. 40 Н. 30	Мат.	М. 40 Н. 30
Научно-Исследоват. Сектор			Проектиров.	М. 40 Н. 30	Мат.	М. 40 Н. 30
Исследование и усовершенствование			Нач. сект.	М. 40 Н. 30	Мат.	М. 40 Н. 30
Газогенераторной установки для			Ген. инж.	М. 40 Н. 30	Мат.	М. 40 Н. 30
транспортных автомобилей			Проект	М. 40 Н. 30	Мат.	М. 40 Н. 30
Смеситель к двигателю			Нач. сект.	М. 40 Н. 30	Мат.	М. 40 Н. 30
Зис-5			Ген. инж.	М. 40 Н. 30	Мат.	М. 40 Н. 30
107			Дата	19 36	880×640	
Зам. №			Формат			
1:1			Черт.			
№ 2196						



Разрез по АА

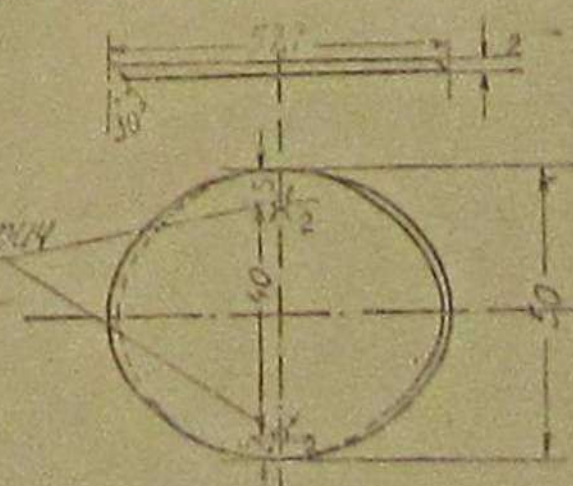


Разрез по ВВ



М	Вес	Матер	Колич.	Наименование деталей	Дет. №	Свот. черт. №	Черт. №
1:1	0,68	ст-0	1	Втулка смесителя труба оцинков. Е-140 д 60	2	2196	2196

Резьба метрич. ост. 94



М	Вес	Матер	Колич.	Наименование деталей	Дет. №	Свот. черт. №	Черт. №
1:1	0,04	ст-0	1	Дроссель	3	2196	2196

Рис. 3. Смеситель газа с воздухом.

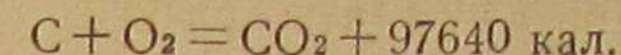
чества всасы
на воздушном
производится
моторах ЗИС
Смесите.
требуя часто
Газобен:
ной кран со
Карбюра
пает снизу. Е
крыт, газ — п
вой стрелки,
мотор, можн
венное регул
Дальней
чить газ. На
ние пробки
В описа
добавился т
регулятор „в
образом сое

ОСНОВЕ

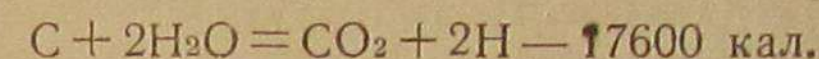
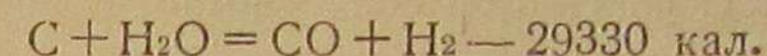
Процес
ческой энерги
наиболее уд
Сущест
ный, или оп
В случае
зывается пр
процесс наз
Кроме
одновремен
средней час
Как пр
двумя мето
или воздух
Сухой
шим содержа
Обратн
топлив с бс
листые веш
горают.
Для н
который мь
Схемат
рения, восс
Под к
с водяными

В нижней части слоя топлива происходит обычное горение (зона горения).

Горение происходит по общеизвестной формуле с выделением тепла:



Мокрый процесс отличается от сухого тем, что пары воды, введенные под колосники в присутствии раскаленного углерода, вступают в следующие реакции:



Реакции водяного пара проходят с отнятием тепла, вследствие чего понижается температура в зоне горения.

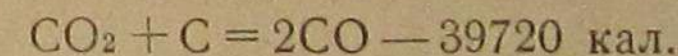
Для таких топлив, как антрацит, это понижение температуры крайне желательно по двум соображениям: во-первых, температура горения антрацита, при сухом процессе, настолько, как известно, высока, что возникают большие трудности в подыскании огнеупорных материалов для топливника, и, во-вторых, уже при температуре порядка 1100—1150°C создаются благоприятные условия для плавления и спекания шлаков (естественно, каждое месторождение антрацита имеет свою собственную температуру плавления шлака).

Пар, проходя через шлаковую подушку, оказывает благоприятное воздействие, разрыхляя и предотвращая шлаки от спекания.

Кроме указанного положительного характера воздействия водяного пара, в результате понижения температуры процесса и повышения устойчивости генератора, наиболее важным свойством мокрого процесса является обогащение генераторного газа такими высокоценными компонентами, как водород (H_2) и метан (CH_4).

Образовавшаяся углекислота (CO_2) поднимается в генераторе вверх и соприкасается с новым слоем топлива, в котором горение уже не происходит, потому что кислород воздуха соединился с углеродом в нижней части.

В результате контакта углекислоты с накалившимся до 700—800°C углем углекислота разлагается с образованием окиси углерода (так называемая зона восстановления). Реакция протекает с поглощением тепла по формуле:



В верхней части слоя топлива происходит отгонка летучих и образование метана (CH_4). Метан, при газификации антрацита, образуется, главным образом, из невступивших в реакцию паров воды.

Для антрацита содержание метана в газе может служить мерой интенсивности процесса.

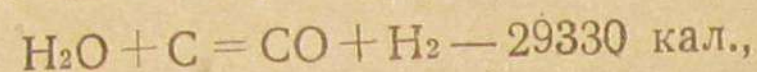
Чем меньший процент метана в газе, тем, следовательно, выше температура процесса и напряжение сечения. Выход метана — следствие этих двух величин.

По данным газогенераторной станции Ростсельмаша, при газификации топлив, аналогичных применяемым нами, установлена следующая зависимость: если напряжение колосниковой решетки (отношение сожженного в час топлива в килограммах к площади решетки в кв. метрах) составляет—160 кг/кв. м, 125—120 кг/кв. м, 100 кг/кв. м и ниже, то выход метана (CH_4) соответственно—0,25%; 0,6—0,65%; 0,8% и выше.

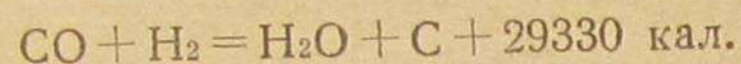
Таким образом, газ, полученный в генераторе, состоит из следующих основных компонентов:

окси углерода (CO), углекислоты (CO₂), водорода (H₂), метана (CH₄), азота (N₂) и незначительной доли других соединений.

Следует отметить, что приведенные реакции генераторного процесса обратимы и, в определенных условиях, по температуре, давлению времени и т. д., могут идти в обратную сторону. Например, окись углерода может снова перейти в углекислоту с выделением части углерода в виде сажи, и затраченная энергия на получение газа в генераторе может, в той или иной мере, не оправдаться в силу неправильной конструкции отвода и охлаждения газа. Например, реакция водяного газа



при изменившихся внешних условиях, потечет так:



Приведенные реакции, в случае создания для их хода благоприятных условий, понижают общее содержание ценнейших компонентов — окиси углерода и водорода в генераторном газе, вызывают дополнительные потери тепла генератором и понижают степень использования топлива. Следовательно, конструкция газогенератора должна предусмотреть такие температурные условия для генераторного газа, образовавшегося в слое топлива, которые с максимальным эффектом понижали бы роль обратных реакций в общем процессе.

Практическим способом борьбы с течением реакций в обратном направлении является быстрое охлаждение газа, так как генераторный газ при температурах ниже 400—450° Ц почти прекращает реагировать в нежелательном для нас направлении. Происходит, как иногда выражаются, „закалка“ газа — газ теряет способность к химическому перерождению.

В последнее время описанная вкратце схема образования газа подвергается критике. Существует теория, согласно которой окись углерода образуется непосредственно в зоне высоких температур.

Опыты скоростной газификации антрацита, проведенные в Институте Азота (Москва), подтверждают практическую возможность непосредственного получения окиси углерода в первой зоне газификации. Согласно закону Хателера и Оствальда вероятность реакций, о которых идет речь, возрастает.

Так, закон Хателера гласит, что нарушение химического равновесия (например, горение) действует на систему в том направлении, которое противоположно образованию этого фактора, т. е. в зоне горения должны возникать реакции, стремящиеся к понижению температуры, так сказать, сопротивляющиеся горению. Иными словами, должно иметь место непосредственное образование окиси углерода (CO).

По закону Оствальда следует, что в химическом взаимодействии раньше всего образуется компонент менее устойчивый из могущих, в данных условиях, возникнуть, но более устойчивый исходного элемента. В генераторном процессе, в так называемой зоне горения, имеется избыток кислорода, следовательно, окись углерода будет менее устойчивым элементом, чем углекислота. Многочисленные исследования подтверждают наличие окиси углерода даже в очагах.

Следовательно, в настоящее время в технике может идти речь о подыскании соответствующих условий, при которых реакция непосредственного образования окиси углерода пошла бы наиболее интенсивно, преобладая над всеми остальными процессами. В случае подтверждения этой теории практикой можно ожидать принципиально новых, компактных конструкций газогенераторов.

ИСПЫТАНИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ.

В процессе проектирования, лабораторных исследований и опытных поездок подвергались изучению следующие основные вопросы:

1. Размеры газогенератора.
2. Род топлива.
3. Высота слоя топлива.
4. Высота отбора газа.
5. Режим газификации (качество газа, как функция числа оборотов двигателя, количества испаренной воды, температуры отсасываемого газа и пр.).
6. Влияние серы на мотор и газогенераторную установку (этому отделу, по понятным причинам, мы уделяем особое внимание).
7. Скорость и сила тяги мотовоза при работе на газе и бензине.

Исследования газогенераторной установки в лабораторных условиях производились двоякого рода: первое — общее испытание ставило своей целью изучение работы установки на разных режимах (переменное число оборотов двигателя и высота слоя топлива) и выяснение функциональной зависимости качества газа от этих аргументов при постоянной высоте отбора газа и неизменной конструкции генератора. Кроме того, в задачу первого рода испытаний входило изучение различных сортов и марок топлива, попутно определяя содержание серных и сернистых соединений в различных местах установки от генератора к мотору. Второе, специальное, испытание нами поставлено с целью изучения качества газа в разных точках самого газогенератора, начиная с высоты в 80—90 мм от колосниковой решетки до верхней части газогенератора. Эти испытания производились при различных режимах по температуре, высоте слоя топлива, подаче воды и различной конструкции самого генератора, в части способа отбора газа и подачи топлива в топливник.

Кроме того, в период испытаний второго рода подверглись изучению вопросы, связанные с потерей мощности двигателя и работой смеси.

Примененная в испытаниях аппаратура, а также место постановки приборов и время отсчета указаны в нижеприведенной сводной таблице.

ОБЩИЕ ИСПЫТАНИЯ.

Методика и измерительная аппаратура.

Таблица 1.

Наименование измерения	Точка замера	Способ измерения	Периодич.	Примечание
Количество газа	Прямой участок 4-дюймовой трубы	Шайба с микроманометром	15 минут	Запись производится после того, как процесс установился
Качество газа	Непосредственно по выходе из газогенератора	Прибор „МОНО“	В течение всего опыта	
	Там же	ОРС'а—Фишер с дожиганием через аспиратор	30 минут	Кроме обычного анализа, определялось содержание

Наименование измерения	Точка замера	Способ измерения	Периодич.	Примечание
Температура	Перед смесителем Выхлопная труба	ОПС'а То же CO ₂ , CO, O ₂	30 минут За опыт один анализ	SO ₂ , SO ₃ , H ₂ S и суммарное содержание серы
	Непосредственно по выходе из газогенератора	Термопара	15 минут	
	Перед смесителем	Термометр	1 час.	
	За смесителем	То же	15 минут	
	Паровоздушная труба в месте входа под колосниковую решетку	То же	15 минут	
Запылеваемость газа	Наружный воздух	То же	В начале и конце испытания 1 час (кроме того автом. зап.)	
	Выхлопная труба	Термопара		
Разряжение	Перед смесителем	Специальный прибор	В течение всего опыта	
	Непосредственно по выходе из генератора	У-образный тягомер	15 минут	
	Перед очистителем	То же	15 минут	
Барометрическое давление	Перед смесителем	То же	15 минут	
	Наружный воздух	Барометр	В начале испытания	
Число оборотов двигател.	Храповик	Тахометр	15 минут. Запись до и после опыта	
Расход воды	Тарирован. сосуд			

Определение CO₂ и O₂ перед смесителем производилось с целью выяснения возможного подсоса воздуха в систему, через неплотности соединения.

Как правило, такие анализы нами производились в начале каждого испытания во всех точках отбора газа и, только убедившись в отсутствии случайных неплотностей, мы начинали испытание.

План испытаний состоял в следующем: после предварительного наладочного опыта, во время которого контролируется работа всей аппаратуры, проводится серия испытаний на малых оборотах (1000—800 об/мин. и ниже).

Каждая серия испытаний состояла из трех опытов:

1. Высота слоя топлива от верхнего уровня колосников в начале опыта 150—170 мм.

2. Высота слоя топлива от верхнего уровня колосников в начале опыта 250—270 мм.

3. Высота слоя топлива от верхнего уровня колосников в начале опыта 350—420 мм.

Затем проводились вторая и третья серии испытаний, аналогичных по высоте слоя топлива, но при средних и максимальных оборотах двигателя: 1200—1300 об/мин. и 1800—2000 об/мин. Всего 9 опытов.

В нашем распоряжении имелось три различных сорта топлива:

Антрацит-семечка—размер кусков от 5 до 10 мм—Грушевского месторождения, шахта им. Крыленко (не сортированный).

Антрацит-семечка—размер кусков от 6 до 13 мм—ст. Постниково, шахта Реомойка (мытый, сортированный на шахте).

Антрацит зубок—размер кусков от 3 до 6 мм—ст. Постниково, шахта Реомойка (мытый, сортированный на шахте).

С целью выбора лучшего топлива для использования в транспортных газогенераторах мы провели, по этому же плану, дополнительно пять опытов, специально для сравнения газификации вышеуказанных марок антрацитов.

Следует особо отметить, что антрацит-зубок вообще еще не применялся в чистом виде в качестве топлива для газогенераторов и введение его у нас является, пожалуй, первым опытом в СССР, тем более, что в последующий период этот сорт топлива стал у нас, в эксплуатации, постоянным.

Продолжительность каждого опыта была выдержана, в зависимости от условий режима, от 45 минут до 2 часов 35 минут.

Естественно, что в наших условиях нельзя было предъявлять требование равенства продолжительности всех опытов, хотя бы по тому простому соображению, что, например, при высоте слоя топлива в 150 мм и максимальных оборотах двигателя испытание продолжаться час-полтора не может, так как мало топлива, а в условиях режима с высотой слоя топлива 350—450 мм и малых оборотах двигателя полтора часа на опыт—мало.

Основные данные с характеристикой опытов сведены в таблице 2.

Таблица 2.

Род топлива	Продолжительность		Высота слоя топлива в миллиметрах		Число оборотов двигателя в минуту
	Час.	Мин.	В начале	В конце	
Антрацит-семечка	2	10	260	65	1450
Грушевский антрацит, шахта им. Крыленко	2	40	350	—	1300
Антрацит-семечка ст. Постниково шахта Реомойка	1	15	170	95	995
Антрацит-семечка ст. Постниково шахта Реомойка	1	10	170	140	980
Антрацит-семечка ст. Постниково шахта Реомойка	1	10	280	195	1035
Антрацит-семечка ст. Постниково шахта Реомойка	2	35	430	290	1065
Антрацит-семечка ст. Постниково шахта Реомойка	1	10	170	100	1290
Антрацит-семечка ст. Постниково шахта Реомойка	1	30	250	100	1370
Антрацит-семечка ст. Постниково шахта Реомойка	2	30	430	—	1325
Антрацит-семечка ст. Постниково шахта Реомойка	—	55	170	70	1975

Род топлива	Продолжительность		Высота слоя топлива в миллиметрах		Число оборотов двигателя в минуту
	Час.	Мин.	В начале	В конце	
Антрацит-семечка, ст. Постниково шахта Реомойка	2	10	250	55	1820
Антрацит-зубок, ст. Постниково шахта Реомойка	1	—	220	55	1380
Антрацит-зубок, ст. Постниково шахта Реомойка	—	45	270	170	1400
Антрацит-зубок, ст. Постниково шахта Реомойка	—	50	430	—	1370

ТОПЛИВО, ШЛАКИ, ЗОЛА.

Таблицы 3 и 4 характеризуют качество топлива, которым мы пользовались в период испытаний.

Элементарный состав топлива.

Таблица 3.

Наименование элемента	Грушевский антрацит шахта им. Крыленко (АС)	ст. Постниково шахта „Реомойка“	
		„АС“	„АЗ“
Углерод (С) ^c (в проц.)	80,89	84,59	81,39
Водород (Н) ^c (в проц.)	1,97	2,14	1,89
Кислород + азот (О + N) ^c по разн. (в проц.)	2,48	5,79	4,22
Сера (S) ^c (в проц.)	3,76	2,04	2,16
Зола (А) ^c (в проц.)	10,90	5,44	10,34
Итого	100	100	100

Технический анализ топлива.

Таблица 4.

Наименование компонентов	Проба „АС“ шахта им. Крыленко			Проба „АС“ ст. Постниково шахта Реомойка			Проба „АЗ“ ст. Постниково шахта Реомойка		
	В воз-душн. сух. сост.	В сух. сост.	В рабочем сост.	В воз-душн. сух. сост.	В сух. сост.	В рабочем сост.	В воз-душн. сух. сост.	В сух. сост.	В рабочем сост.
Влага (в проц.)	3,96	—	11,95	3,11	—	6,79	3,29	—	8,01
Зола (в проц.)	10,47	10,90	9,60	5,27	5,44	5,11	10,00	10,34	9,67
Летуч. веш. (в проц.)	2,70	2,75	2,42	2,53	2,61	2,43	2,35	2,43	2,24
Сера общ. по Эшка (в проц.)	3,61	3,75	3,31	1,98	2,04	1,90	2,09	2,16	1,99
Теплотв. способн. по бомбе кал.	6800,4	7080,8	6294,6	7333,8	7636,2	7117,1	7021,0	7259,8	6678,3

Кокс во всех образцах не спекшийся, порошкообразный.

Состав золы.

Таблица 5.

Определение состава золы	Уголь марки „АС“ шахта им. Крыленко	Уголь марки „АС“ ст. Постниково шахта Реомойка	Уголь марки „АЗ“ ст. Постниково шахта Реомойка
Кремнекислота (в проц.)	51,47	41,60	60,14
Сумма окислов (в проц.)	41,67	45,90	32,90
Окись кальция (в проц.)	1,70	4,10	1,90
Окись магния (в проц.)	3,03	2,10	2,51
Серный ангидрид (в проц.)	1,71	5,90	2,34
Сумма щелочей (по разности) (в проц.)	0,52	0,40	0,21

Исследование шлаков.

Таблица 6.

Наименование пробы	Определено грубо, отбором вручную		Общий вес пробы	Определено в пробах		
	Угля (в проц.)	Шлака (в проц.)		Общая сера по Эшка (в проц.)	Зола (в проц.)	Горюч. масса (в проц.)
Шахта им. Крыленко „АС“	9,67	90,24	483 г	1,78	74,50	25,5
Шахта Реомойка „АС“	44,58	55,42	875 г	2,45	47,48	52,52
Шахта Реомойка „АЗ“	74,68	25,32	735 г	1,97	31,28	68,72

Примечание к таблице 6. Большое содержание угля в шлаках (1-я и 2-я проба) не является постоянным и зависит от длительности работы газогенератора.

В 3-й пробе (антрацит зубок), кроме указанного обстоятельства, немаловажную роль играет просыпание топлива через колосниковую решетку, которая была запроектирована на „АС“ (размер кусков от 5 до 13 мм), а для „АЗ“ (от 3 до 6 мм), просветы между колосниками оказались, естественно, большими.

КАЧЕСТВО ГАЗА, КАК ФУНКЦИЯ ВЫСОТЫ СЛОЯ ТОПЛИВА, ЧИСЛА ОБОРОТОВ ДВИГАТЕЛЯ И МАРКИ ТОПЛИВА.

На рис. (5) изображено изменение качества газа в зависимости от высоты слоя топлива от колосниковой решетки. Из графика с достаточной ясностью видно, что, в нашем случае, оптимальной высотой слоя топлива является 340—370 мм, считая от верхней линии колосниковой решетки.

Однако, следует иметь в виду, что наиболее выгодная высота слоя топлива не постоянная величина, а функция нескольких аргументов (числа оборотов двигателя, отчасти—сорта топлива, количества испаренной воды, температуры горения и высоты шлаковой подушки). Сочетание всех этих

существенных элементов, иногда противоположно влияющих на процесс, и представляет основную задачу исследования.

Выбор высоты слоя топлива и диаметра колосниковой решетки должен быть сделан так, чтобы наилучшее качество газа получалось в период напряженной работы мотора (при повышенном числе оборотов двигателя, трогании с места, взятии подъемов и пр.), остальное время двигатель может питаться и несколько пониженным, в теплотворном отношении, качеством газа.

На рис. (6) изображено изменение качества газа в зависимости от оборотов двигателя при различной высоте газифицируемого топлива. Как видно, теплотворная способность газа непрерывно, во всех трех случаях, повышается с увеличением числа оборотов мотора.

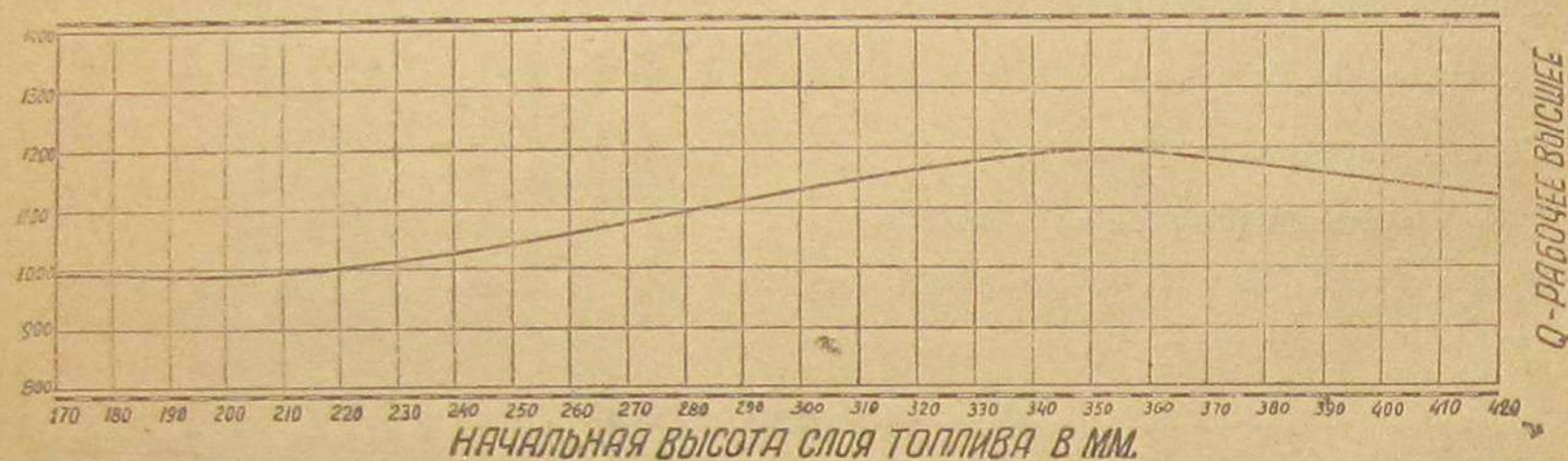


Рис. 5. Качество газа, как функция высоты слоя топлива.

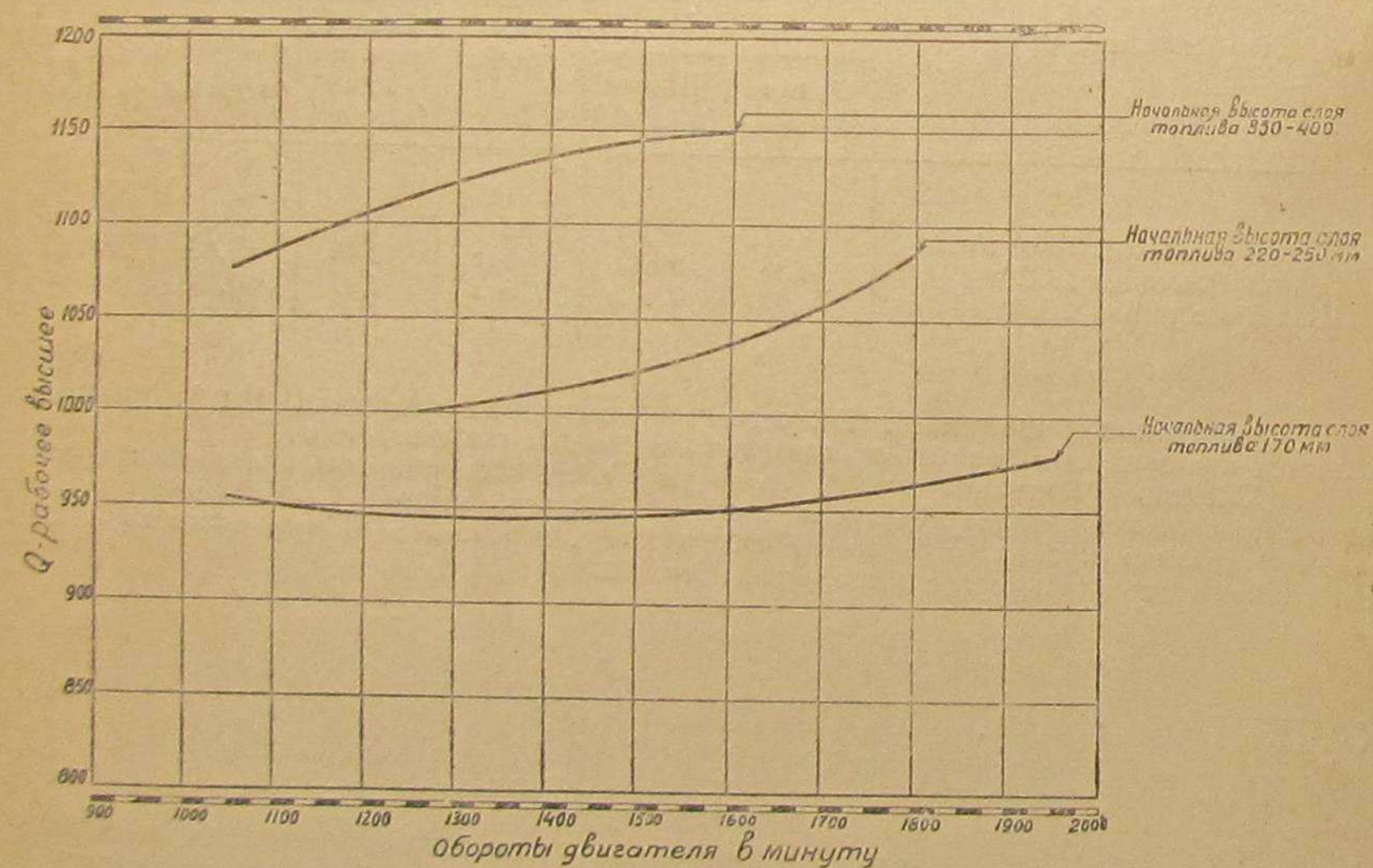


Рис. 6. Качество газа, как функция высоты слоя топлива и числа оборотов двигателя.

Средняя кривая (начальная высота слоя 220—250 мм), на наш взгляд, несколько резко поднимается с увеличением оборотов. Наиболее удачно располагается верхняя кривая (начальная высота слоя 350—420 мм).

Вторая диаграмма полностью подтверждает правильность выводов, сделанных нами на основании первого графика.



Рис. 7. Сумма горючих как функция числа оборотов двигателя.

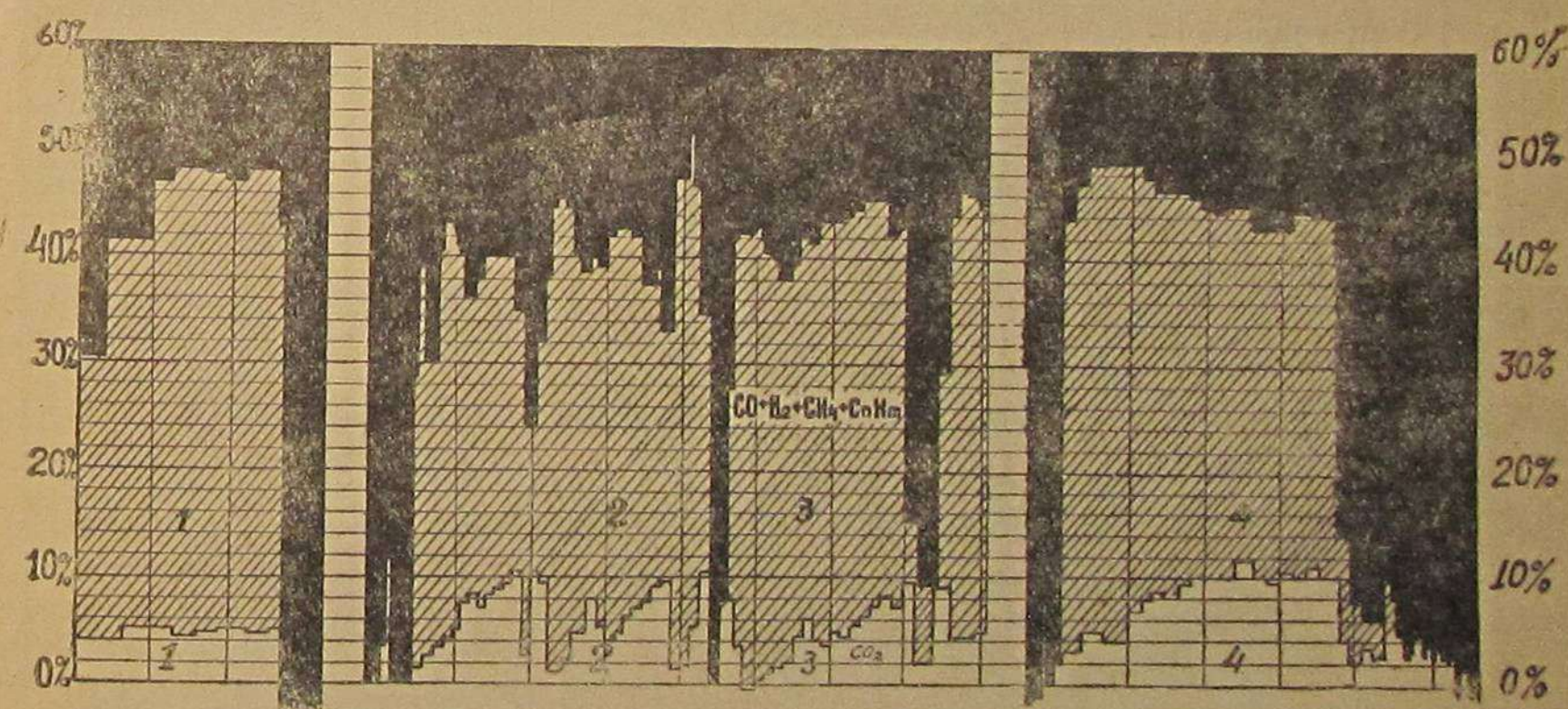


Рис. 8. График качества газа (записано прибором МОНО).

На рис. 7, 8 и 9 изображено изменение суммы горючих ($CO + H_2 + CH_4$) при различных режимах. При этом на рисунке 7 построена некоторая средняя кривая изменения суммы горючих, в зависимости только от числа оборотов двигателя, не учитывая высоты слоя топлива, а на рис. 8 и 9 — переменной величиной, для каждого опыта, является высота слоя, а постоянной — число оборотов двигателя (на графике, записанном прибором МОНО, опыты отделены один от другого вертикальной черной полосой до оси абсцисс).

Разберем вкратце график, записанный прибором МОНО.

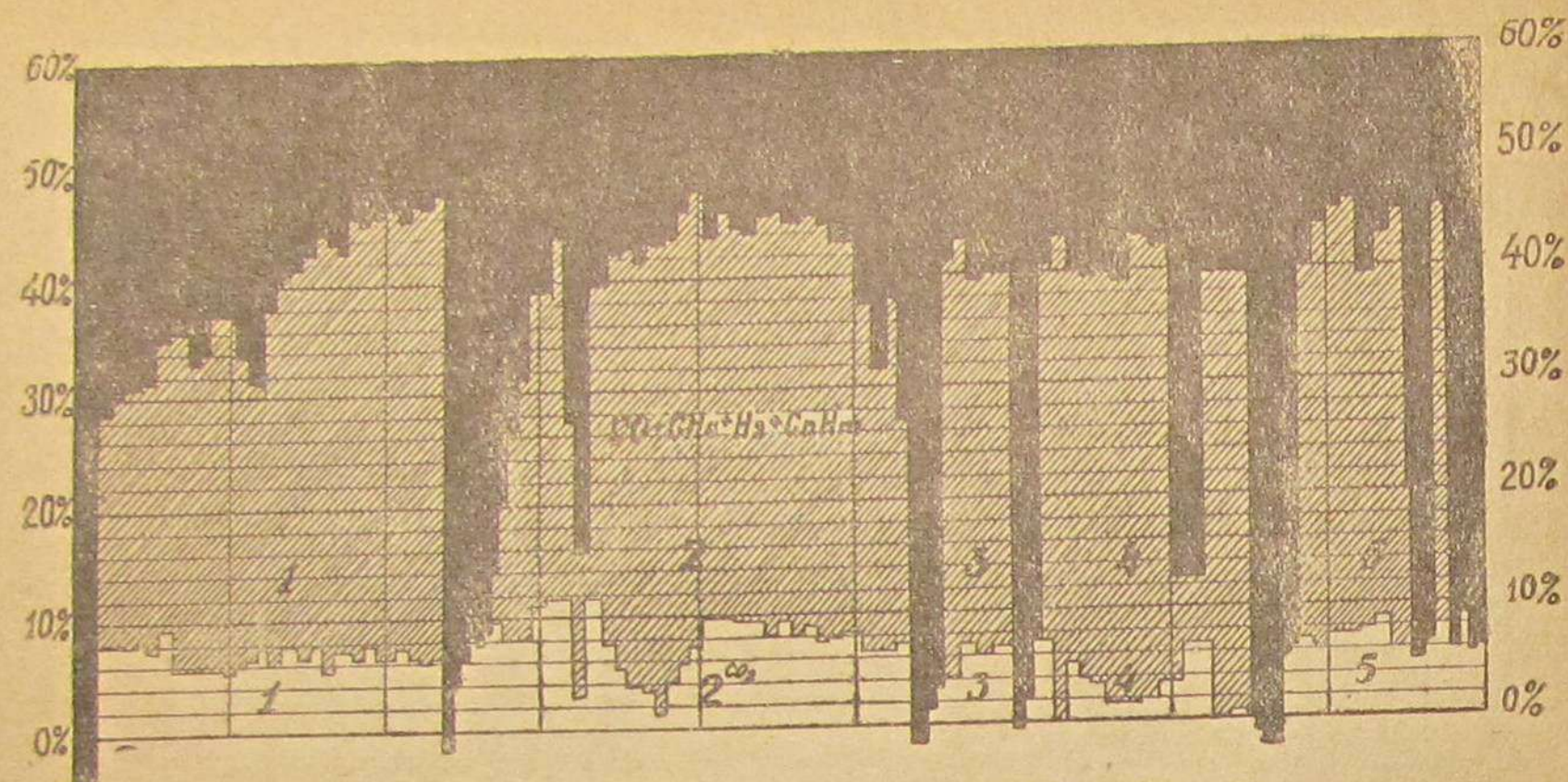


Рис. 9. График качества газа (записано прибором МОНО).

В таблице 7-й сведена характеристика режимов 9 опытов, представленных на рис. 8 и 9.

Таблица 7.

№ рис.	№ опыта по рис.	Сорт топлива	Высота слоя топлива от колосников. решетки		Число оборотов двиг. в минуту	Сумма горючих в проц.			Содержание CO ₂ в проц.			Низшая теплотв. способность, по средней сумме горючих, кал. куб. метр.
			Начальная миллиметров	Конечная миллиметров		Максимум	Средняя	Минимум	Минимум	Средняя	Максимум	
8	1	Антрацит - семечка	170	95	995	43	42,2	37	4	4,2	5	1240
8	2	"	170	140	980	45	31	25	1	6	10	910
8	3	"	280	195	1035	42	37	33	1	5	8	1085
8	4	"	430	290	1065	46	38	33	3	7,5	10	1115
9	1	Антрацит - семечка	260	65	1450	42	39	28	5	6,5	7	1145
9	2	"	170	70	1975	42	33	25	1	8	12	965
9	3	Антрацит - зубок	220	55	1380	38	34	34	4	5	7	995
9	4	"	270	170	1400	42	38	34	0,5—1	4	7	1115
9	5	"	430	—	1370	40	35	36	6	7	9	1175

Примечание к таблице 7: Рис. 8, опыт 2-й — ухудшение процесса произошло ввиду большой шлаковой подушки, не выброшенной после первого опыта (около 80 мм шлака в начале опыта, при общей высоте слоя топлива вместе со шлаком 170 мм).

Рис. 9, опыт 1-й — среднее содержание углекислоты и суммы горючих взято не за весь опыт, а за последние 45 мин., так как график показывает равномерное содержание углекислоты за весь опыт и, одновременно, резкое увеличение суммы горючих с последующим переходом в плавную кривую. Такой характер графика заставляет сделать вывод, что прибор некоторое время прогревался, после чего запись стала правильной (этот опыт производился в зимних условиях первым). Контрольный анализ газа подтверждает сделанный вывод.

В последней графе таблицы 7-й расчет низшей объемной теплотворной способности газа произведен следующим образом. На основании многократной, длительной проверки отношения низшей теплотворной спо-

собности газа к сумме горючих, газостанция Ростсельмаша получила это отношение равным в среднем, для нашего топлива, — 29,3.

Отсюда получаем (с погрешностью на 3-4%):

Для первого опыта (по средней сумме горючих):

$$42,2 \times 29,3 = 1240 \text{ кал/куб. м.}$$

Для второго опыта:

$$31 \times 29,3 = 910 \text{ кал/куб. м и т. д.}$$

Для сравнения приведем некоторые данные полного анализа газа.

Полный анализ газа.

Таблица 8.

CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	Сумма	Низшая кал.	Высшая кал.	„К“	Примечание
в проц.	в проц.	в проц.	в проц.	в проц.	горючих	Куб. метр.	Куб. метр.		
Менее удачные режимы									
8,00	0,1	20,7	8,95	0,41	30,06	896	943	30,60	
8,2	0,4	20,75	9,56	0,71	31,02	938	991	35,70	
5,6	0,2	24,50	6,93	0,42	31,85	956	998	39,06	
5,25	0,2	19,40	9,92	0,85	30,17	919	975	—	
5,00	0,3	24,70	6,30	0,82	31,81	996	1034	30,90	
8,00	0,2	22,20	10,09	0,70	32,99	997	1052	46,32	
Более удачные режимы									
5,00	0,3	27,70	11,02	0,67	39,39	1185	1244	60,60	„К“ несколько велико
6,93	0,2	24,27	10,11	0,74	35,12	1064	1113	52,74	
7,20	0,2	23,60	10,42	0,80	34,85	1056	1113	44,88	
3,89	0,3	21,57	12,68	1,05	35,30	1072	1142	—	№ 4 несколько завышенное содержание метана
3,00	0,8	23,08	12,73	0,59	36,40	1081	1148	—	
6,20	0,2	24,60	13,07	1,03	38,70	1171	1244	28,14	
5,00	0,2	28,53	16,00	0,33	45,46	1324	1407	45,72	

Примечание. Предпоследняя графа таблицы, так называемое „К“, представляет собою проверочное число (отношение углерода к водороду), которое для нашего топлива должно быть нормально от 30 до 50, отклоняясь в ту или иную сторону от этих пределов, главным образом, в зависимости от свойств топлива и, частично, от конкретных условий каждого опыта.

На основании анализа записей, представленных на рис. 8 и 9, и данных таблиц (7-й и 8-й) можно сделать следующий вывод: качество газа, полученного в нашем транспортном генераторе из антрацита марок АС и АЗ, приближается к качеству газа крупных стационарных газостанций Союза, работающих на аналогичных топливах.

Безусловно, конструктивное и экспериментальное подыскание более удачных форм транспортного генератора может еще более улучшить весь процесс газификации и обеспечить еще более высокую калорийность газа из антрацита.

Форсировка генератора в описанных выше опытах получена от 90 до 200 кг/кв. м. час.

Подсчет произведен по общеизвестной формуле:

$$\frac{B}{R} = \frac{\text{килограммов топлива в час}}{\text{кв. метр}}, \text{ где}$$

B — вес топлива, сожженного в генераторе в час в килограммах,
 R — площадь колосниковой решетки в кв. метрах.

Большой диапазон форсировок показывает, что испытанный газогенератор хорошо воспринимает различную нагрузку по генератору. Однако, в транспортных антрацитовых установках следует идти на повышенное напряжение колосниковой решетки (порядка 250—300 кг. на кв. метр в час и выше). Это целесообразно по двум обстоятельствам: во-первых — с целью уменьшения размеров газогенератора, одновременно улучшая качество газа (это произойдет, конечно, в определенных пределах по температуре в слое топлива и времени контакта воздуха с углеродом), и, во-вторых, с целью улучшения процесса газификации при работе двигателя на малых оборотах, так как, уменьшив в этот период слой топлива, при наличии небольшого сечения топливника, легко поддержать необходимую температуру горения.

Произведем приближенный подсчет коэффициента полезного действия газогенератора по данным испытаний.

Коэффициентом полезного действия газогенератора, как известно, называется отношение низшей теплотворной способности газа к низшей теплотворной способности топлива, из которого этот газ получен.

$$\eta_{\text{ген}} = \frac{H_u V_g}{h}, \text{ где}$$

H_u — низшая теплотворная способность 1 куб. м газа.

h — низшая теплотворная способность 1 кг топлива.

V_g — выход газа с 1 кг топлива.

В нашем случае:

$$H_u = 1050 \text{ — } 1200 \text{ кал/куб. м}$$

$$h = 6500 \text{ — } 7100 \text{ кал/кг}$$

$$V_g = 4,2 \text{ — } 4,5 \text{ куб. м/кг}$$

$$\eta_{\text{ген мин}} = \frac{1050 \cdot 4,2}{7100} = 0,665$$

$$\eta_{\text{ген макс}} = \frac{1200 \cdot 4,5}{6500} = 0,83$$

Таким образом, следует считать, что в среднем:

$$\eta_{\text{ген}} = 0,71 \text{ — } 0,75$$

Немаловажное значение на падение мощности двигателя имеет не только пониженная теплотворная способность топливо-воздушной смеси генераторного газа, но и сопротивление системы трубопроводов и слоя топлива газовому потоку. С этой целью мы произвели замер сопротивления слоя топлива, очистителя и газопроводов.

На рис. 10 изображена кривая суммарного сопротивления газогенераторной системы при разных оборотах двигателя.

Обычно сопротивление системы составляло 120—150 мм водяного столба, временами доходя до 300 мм водяного столба и, как исключение, 400 мм водяного столба.

Возрастание сопротивлений вызывалось постепенным засорением газоочистителя и скоплением конденсата в газопроводах, умышленно не спущенного в течение 2-х — 3-х опытов для выяснения степени влияния плохого ухода шофера за установкой.

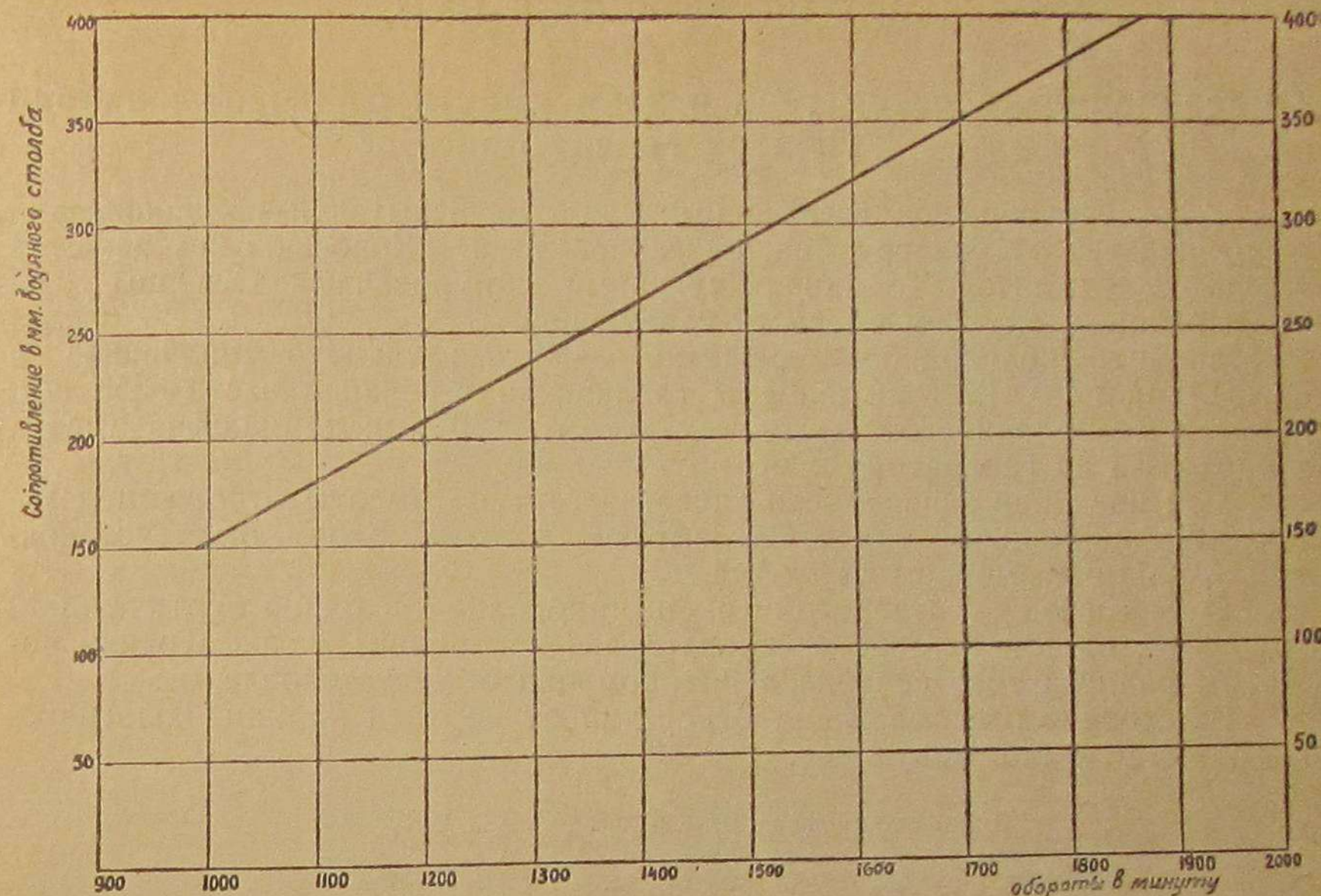


Рис. 10. Сопротивление газогенераторной системы в зависимости от числа оборотов двигателя (по средним данным за опыты).

Следует признать, что полученные данные со всей наглядностью убеждают в необходимости всемерного сокращения потерь на всасывание газа мотором, так как сопротивление в 400 мм водяного столба равносильно потере мощности двигателя порядка 3-4%. Это обстоятельство мы учли при проектировании и постройке второй установки.

Характерно, что сопротивление слоя топлива, в сумме потерь, представляет небольшую величину (обычно от 15 до 35 мм водяного столба, максимальное сопротивление слоя топлива, полученное нами за опыт, достигло 53 мм водяного столба.)

Серия специальных стендовых испытаний.

Как указывалось выше, в период этой серии испытаний изучались влияние высоты отбора газа из газогенератора на качество газа, работа двигателя и качество газа при различных формах генератора, степень автоматичности действия смесительного устройства, а также влияние серных и сернистых соединений на установку и мотор. Кроме того, проводились испытания на определение мощности двигателя, работающего генераторным газом из антрацита, в сравнении с мощностью при работе его на бензине.

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ.

Определение качества газа в зависимости от высоты забора газа из генератора

Газогенератор, предназначенный для этих испытаний, принципиально не отличается от конструкции, описанной выше. Колосниковая решетка вращающаяся, литая. Топливник чугунный, обмурованный. Основные размеры рабочей, внутренней части следующие:

диаметр колосниковой решетки—400 мм; диаметр топливника в нижней части—410 мм; диаметр топливника в верхней части—550 мм; диаметр цилиндрической части генератора—550 мм; нормальная высота отбора газа из генератора к мотору—850 мм.

Для изучения зависимости качества газа от высоты отбора под углом 90° к нормальной трубе, отсасывающей газ к мотору, были установлены трубки диаметром $\frac{3}{8}$ дюйма.

Отсасывающие отверстия трубок проходили в одной вертикальной плоскости, отстоя от стенки генератора и топливника на расстоянии половины радиуса того сечения, в котором они были установлены.

Расстояние отсасывающих отверстий от верхней кромки колосниковой решетки было следующее:

Точка отбора газа № 1	высота	850 мм
" " № 2	"	675 "
" " № 3	"	500 "
" " № 4	"	390 "
" " № 5	"	200 "
" " № 6	"	90*

Таким образом, при установленном нами ранее оптимальном слое топлива в 330—380 мм, точки отбора газа № 6, № 5 и, иногда, № 4 характеризовали изменение качества газа в слое топлива, точка № 4—как правило, непосредственно за слоем, с зеркала газифицируемого топлива, а пробы №№ 3, 2, 1 показывали характер происходивших изменений в структуре и качестве газа при канализации его по свободному от топлива объему генератора в условиях достаточно высоких температур.

Отбор газа производился одновременно во всех точках десяти- и пятилитровыми аспираторами. Как правило, длительность одновременного отбора составляла 1 час.

Одновременно с отбором проб, согласно методике первого испытания, производилась запись остальных характерных величин (температуры: газа за генератором, паровоздушной смеси у мотора, топливо-воздушной смеси, выхлопных газов и наружного воздуха; разряжение: за генератором и у мотора; расход воды и пр.).

Работа двигателя и качество газа при различных формах генератора.

Для изучения этого вопроса проведены испытания генератора и мотора аналогично первому разделу этой серии опытов, но с различным газовым объемом генератора, разными бункерами и измененным способом отбора газа (из слоя топлива).

* Точка отбора № 6 установлена в конце испытаний, поэтому данные анализов этой пробы не вошли в последующие таблицы.

Влияние серных и сернистых соединений на установку и мотор.

С целью обобщения всего материала по этому вопросу, полученного в результате предыдущих испытаний, а также длительной эксплуатации, производились следующие определения:

- анализ конденсата, образующегося в газопроводах установки;
 - анализ свежего и отработанного смазочного масла как газогенераторного, так и бензинового моторов;
 - анализ нагара, образующегося в головке блока цилиндров после длительной работы двигателя на генераторном газе из антрацита, в сравнении с нагаром при работе на бензине;
 - тщательный внешний осмотр частей двигателя, омываемых газом;
 - анализ газа на серу непосредственно за генератором и у мотора для выяснения степени очистки газа при канализации его по установке.
- В определение всех перечисленных здесь анализов, кроме последнего пункта, входили железо и сера.

Определение мощности двигателя.

Ввиду отсутствия, в условиях железнодорожного депо, тормоза, могущего фиксировать нагрузку автомобильного мотора с достаточной точностью, а также ввиду того, что определение тяговых усилий, скоростей и веса прицепного груза, произведенное в опытных поездках с динамометрическим вагоном, а затем и в эксплуатации представляет для эксплуатационника-железнодорожника значительно больший интерес, чем мощность собственно мотора на валу, мы ограничились сравнением мощности двигателя при работе на генераторном газе из антрацита и бензине по теплотворным способностям топливо-воздушных смесей и сравнением этих данных с усилиями, зафиксированными тормозом типа „Прони“.

Топливом для испытаний применялся антрацит Постниковского месторождения шахты Реомойка сорта „АЗ“ (Антрацит-зубок), размер зерен от 2 до 6 мм.

Ниже приводится анализ средней пробы этого топлива.

Влаги внешней	2,17%
" лабораторной	2,88%
" рабочей	4,99%
Золы	12,77%
Серы (по Эшка)	3,68%
Летучих веществ	2,08%
Теплотворная способность	7030 кал/кг.

Элементарный состав.

Углерода (C) сух.	80,30%
Водорода (H) сух.	2,07%

Антрацит взят, как видно из анализов, рядовой, без отбора. На этом топливе газогенераторные мотовозы работали в эксплуатации весь период—март—июль 1936 г.

РАЗБОР МАТЕРИАЛА ИСПЫТАНИЙ.

В таблицах 9, 10 и 11 сведены отдельно высшая теплотворная способность газа, содержание окиси углерода (CO) и сумма горючих в генераторном газе в зависимости от высоты отбора газа из генератора.

Высшая теплотворная способность газа в зависимости от высоты отбора газа из генератора, по отдельным опытам, сведена в таблице 9.

Таблица 9.

№№ режимов	Калорий на 1 куб/м				
	Номера точек отбора газа				
	1	2	3	4	5
1	1004	1025	1000	1012	1264
2	1122	1082	1120	—	1291
3	947	1253	—	—	1439
4	949	1257	—	—	—
5	—	—	1147	1090	1296
6	—	827	910	—	1049
7	1033	—	—	—	1102
8	1022	—	—	—	1165
9	1026	—	1079	—	1397
10	1252	—	1299	1288	1483
11	1032	—	—	1173	1436
12	1041	—	—	1195	1438
12	985	—	—	1061	1202

Содержание окиси углерода (CO) в генераторном газе, в зависимости от высоты отбора газа из генератора, представлено в таблице 10.

Таблица 10.

№№ режимов	Содержание окиси углерода в проц.				
	Номера точек отбора газа				
	1	2	3	4	5
1	21,34	22,20	21,19	21,52	28,52
2	23,06	23,49	23,70	—	29,43
3	25,60	26,16	—	—	30,61
4	—	—	—	24,23	30,27
5	—	—	24,23	—	31,89
6	—	17,00	18,77	18,00	26,84
7	23,07	—	—	—	30,93
8	22,33	—	22,83	—	30,12
9	25,52	—	26,53	26,39	30,08
10	21,23	—	—	—	26,90
11	22,28	—	—	23,08	29,28
12	19,83	—	—	19,82	24,38
13	22,01	—	—	—	27,94

Сумма горючих, как функция высоты отбора газа из генератора.

Таблица 11.

№№ режимов	Сумма горючих в проц.				
	Номера точек отбора газа				
	1	2	3	4	5
1	31,41	32,69	31,21	31,87	36,05
2	35,30	34,41	35,37	—	40,53
3	40,32	40,64	—	—	46,21
4	—	25,19	28,40	25,84	33,66
5	29,65	—	—	26,03	33,56
6	—	—	33,44	—	37,47
6	39,79	—	33,58	—	43,83
7	33,09	—	41,26	—	46,86
8	31,17	—	—	37,20	44,33
				32,76	37,70

Какой основной вывод следует сделать из приведенного материала? Несмотря на наличие отдельных незакономерных данных анализов газа, которые могут быть отнесены как за счет возможных неточностей в работе аппарата, ошибок в отборе газа (подсос, неодновременный пуск газа с разных точек и пр.), так и за счет некоторого своеобразия генераторного процесса при различных режимах (температура, топливо, вода) — совершенно очевидным являются следующие основные положения, установленные в результате проведенных испытаний:

1. Генераторный газ из антрацита, в условиях нашей мобильной установки транспортного типа, получается высшего качества в самом слое топлива.

2. Резкие изменения режима работы генератора, столь значительно отражающиеся на качестве газа в верхней части генератора, не дали такого влияния на его качество в слое топлива.

3. Качество газа в слое топлива величина хотя и переменная, но более устойчивая, чем обычно получается в существующих установках с трубой, отсасывающей газ из надтопливного, так наз. вредного, пространства.

4. Результаты описанных испытаний, повидимому, указывают на влияние обратных (обратимых) реакций в условиях мобильных транспортных генераторных установок, что в большей степени имеет место в верхнем слое топлива.

Дальнейшее исследование транспортных газогенераторных установок, работающих на антраците, должно быть направлено на отыскание оптимальных способов и конструктивных форм использования вышеуказанных свойств генераторного процесса.

Работа двигателя при различных формах генератора.

Оставляя неизменной форму топливника и меняя свободный газовый объем генератора, уменьшая его до 50%, мы не получили заметного изменения качества газа во всех точках отбора.

Установив внутри генератора бункер с открытой нижней воронкой для выхода, самотеком свежего топлива в топливник получили следующие результаты: качество газа, как указано выше, заметно не изменилось, но температура газа по выходе из генератора с увеличением оборотов двигателя возрастала значительно быстрее, чем в аналогичных условиях работы без бункера. Это объясняется тем обстоятельством, что часть объема топливника, будучи закрыта бункером с топливом, не принимала активного участия в процессе газификации.

Газифицируемый слой топлива был прижат к периферии, а поскольку в этих условиях уголь, поступающий из бункера, располагался под углом естественного откоса (в нашем случае около 40°), то на периферии образовался наиболее тонкий слой топлива. Проход воздуха, таким образом, был облегчен по периферийному кольцу и затруднен в части, расположенной к центру топливника.

Отрицательным моментом в конструкции газогенератора указанной формы является смещение зоны высоких температур к стенкам топливника, что может повести к усиленному сплавлению шлаков с обмуровкой.

Перемещение трубы, отсасывающей газ к мотору, с верхней части генератора в слой топлива на уровень 210—230 мм от колосниковой решетки привело к заметному повышению качества газа за генератором. Например, если теплотворная способность газа на уровне трубы, отсасывающей газ из „вредного“ пространства (850 мм от колосниковой решетки), составляла 827 и 1033 кал/куб. м, то в трубе, отсасывающей газ из слоя топлива на уровне 210—230 мм, теплотворная способность соответственно была 1061 и 1165 кал/куб. м.

При этом газ для анализа отобран, в обоих случаях, на одном и том же расстоянии от стенки генератора.

Влияние серных и сернистых соединений на установку и мотор.

В технике имеются тысячи примеров разрушения различных железных (и не только железных) сооружений под влиянием корродирующего действия различных серных и сернистых соединений. Большое содержание серы в антраците (в нашем случае от 1,5 до 3,68% по весу) представляет большую опасность для работы двигателя на генераторном газе из антрацита.

До сих пор не существует надежного, дешевого и удобного в транспортных условиях способа очистки газа от серы. Кроме того, еще не проводилось достаточно подробного и глубокого изучения коррозии автомобилей под влиянием вышеуказанных соединений. Все известные нам, в этой области, исследования рассматривали коррозию различных сортов железа в совершенно иных температурных и механических условиях, чем условия работы автомобильного двигателя.

Если коррозия будет иметь место, то важно установить, на какие элементы мотора и установки это влияние сказывается в той или иной мере.

Вопрос о целесообразности установки химической очистки вообще может быть разрешен технико-экономическими соображениями, сравнивая эксплуатационную стоимость химического очистителя с затратами на восстановление или замену отдельных деталей двигателя в тот или другой срок. Поэтому нами проводятся тщательные эксперименты в лабораторных условиях и постоянное наблюдение в эксплуатации.

Сравним анализы нагаров в головке блока цилиндров двигателей, работающих на бензине и генераторном газе из антрацита (таблица 12).

Таблица 12.

Состав нагара в проц.	Мотор, работающий:			
	На бензине		На генераторном газе из антрацита	
Горючих веществ	94,8	94,92	80,0	83,32
Сера	1,97	2,20	6,65	3,85
Железо	1,64	1,74	9,80	6,64

Состав свежего и отработанного смазочного масла бензинового и газогенераторного моторов.

Таблица 13.

Состав в проц.	Свежее масло	Отработанное масло		
		Бензиновый мотор	Мотор на генераторном газе из антрацита	
Железо	0,11 *	—	0,22	0,22
Сера	0,22 *	0,23	0,27	0,017

Анализ конденсата, образующегося в газопроводах установки.

Таблица 14.

Определения	Месяц и год		
	Январь 1936	Июнь 1936	Июль 1936
Реакция	Нейтральная	Кислая	Слабо кислая
Содержание железа в проц.	0,12	0,78	1,6
Содержание серы (по Эшка) в проц.	0,03	2,05	1,45

Одновременно с вышеприведенными анализами, которые впредь нами повторяются через равные промежутки времени работы генераторных машин, систематический внутренний осмотр двигателя в течение 6 месяцев эксплуатации не дал никаких поводов к установлению общего или местного поражения мотора в результате корродирующего действия серных и сернистых соединений.

Мы склонны объяснить пассивность серы, в данном случае, рядом технологических особенностей работы двигателя с генераторной установкой. Эти соображения сводятся к следующему:

1. Внутренняя рабочая часть мотора, омываемая газом, в период работы находится в условиях неблагоприятных для конденсации паров различных соединений серы, ввиду высоких температур.

2. Такие части двигателя, как рабочая поверхность цилиндров, постоянно смазывается маслом, а различные осадки со стенок снимаются поршнем.

* Несмотря на трехкратную проверку, получено большое содержание железа и серы в свежем масле, что следует объяснить не только низким качеством масла, но также, видимо, отбором масла на анализ из недоброкачественной, сильно загрязненной колонки.

Следует отметить, что, вообще говоря, питание моторов смазочными продуктами как на крупных станциях, так и на линии поставлено из рук вон плохо; например, в узловом пункте снабжения моторов обычно никто не знает сорта и марки выдаваемого смазочного масла, поэтому нередки случаи выдачи загрязненного масла.

Рабочая поверхность поршня и камеры сжатия двигателя, а также внутренняя поверхность газопроводов обычно покрыты тонким слоем сгоревшего топлива и уносом и поэтому предохраняются от коррозии.

Кроме того, следует иметь в виду наличие значительной очистки газа от серы по пути канализации его от генератора к мотору (выделение чистой серы на внутренних стенках генератора и установки, отход серы с конденсатом и пр.), что подтверждается анализами газа на содержание серы за генератором и у двигателя.

Наиболее опасным моментом для наступления коррозии мотора нужно считать период пуска, когда двигатель еще не разогреется, но поскольку первоначальный пуск в нашем случае осуществляется на бензине, то и эта опасность уменьшается. Вообще говоря, на наш взгляд, в условиях, могущих вызвать коррозию, находятся лишь всасывающие клапаны и медно-асбестовые прокладки головки блока цилиндров и свечей; последние могут корродироваться только при пропуске газа, что недопустимо при работе и на бензине, а на генераторном газе из антрацита должно быть безусловно устранено.

На основании только первых лабораторных исследований и сравнительно небольшого периода эксплуатации можно сделать пока еще только предварительный, но смелый вывод, что влияние серы на мотор далеко не активное, и, учитывая срок службы мотора, видимо, исключена необходимость установки специальной химической очистки.

Ввиду особой важности затронутого вопроса мы в настоящее время значительно шире ставим опыты и наблюдения с целью окончательного решения этого, пожалуй, наиболее серьезного и ответственного вопроса из серии вопросов, связанных с применением антрацита и каменных углей в качестве топлива для легких двигателей внутреннего сгорания.

Сравнительные определения потери мощности на валу двигателя при переходе с бензина на генераторный газ, как указано в методике, являлись лишь наглядной, дополнительной иллюстрацией к основным испытаниям этой серии.

Получены следующие результаты:

Теплотворная способность топливо-воздушной смеси составила (по низшему пределу) от 550 до 710 кал/куб. м смеси.

По литературным данным теплотворную способность бензиновой топливовоздушной смеси можно принять порядка 825 кал/куб. м (вообще говоря, у разных авторов эта величина, в зависимости от избытка воздуха, колеблется в пределах 780—850 кал/куб. м).

Следовательно, ориентируясь на выбранную величину теплотворной способности бензиновой топливовоздушной смеси и фактически полученную теплотворную способность газовоздушной смеси, можно произвести ориентировочный подсчет потери мощности двигателя.

Мощность двигателя, работающего генераторным газом из антрацита, по данным опыта, в сравнении с работой на бензине, составит:

$$\text{минимальная} - \frac{550}{825} 100 = 66,7\%,$$

$$\text{максимальная} - \frac{710}{825} 100 = 86,3\%.$$

Необходимо отметить, что приведенные цифры теплотворной способности газовоздушной смеси получены во время испытания смесителя, проведенного с целью определения его характеристики. Поэтому анализы смеси во время всех испытаний не носили постоянного характера, почему и не могут служить материалом для окончательных выводов.

Если подойти к оценке этого вопроса с точки зрения среднечасовой теплотворной способности газа, взятого по наиболее характерным для условий эксплуатации режимам, то получим несколько иные данные.

Низшая теплотворная способность часовой пробы газа при средней и выше-средней нагрузке мотора и правильном режиме генератора у нас составляет от 1150 до 1350 кал/куб. м. Следовательно, мощность двигателя, работающего генераторным газом из антрацита, при содержании в смеси равных количеств газа и воздуха, будет: от 72% до 84,5%.

Одновременно с этим небезынтересно привести показания нагрузки по динамометру, которые дают соотношение усилий на валу двигателя, работающего на бензине и генераторном газе из антрацита.

Таблица 15.

№№ испытаний	Усилие в килограммах		Проц. падения мощности
	Бензин	Генератор. газ из антрацита	
1	75	75	—
2	90	85	5,5
3	105	100	4,7
4	115	110	4,5
5	165	120	27,0

ДИНАМОМЕТРИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ.

Динамометрические испытания проводились с целью сравнения тяговых усилий и скоростей, развиваемых мотовозом при работе на бензине и генераторном газе из антрацита. Мы не ставили себе целью построить полный паспорт газогенераторного мотовоза, так как динамометрический вагон находился в нашем распоряжении всего лишь два дня; основной задачей было выяснение работы мотовоза в самых тяжелых, близких к эксплуатации, условиях как по профилю пути, так и по весу состава. Испытания проводились с динамометрическим вагоном № 57 Азово-Черноморской железной дороги.

Динамометр вагона, рассчитанный на тяговые усилия более двух с половиной тонн, естественно, не мог давать точных показаний при натяжении в несколько сотен килограммов. Кроме того, сцепная упряжь вагона не имела точных ограничителей, так как, обычно, динамометрический вагон ставится между паровозом и составом, и как бы с двух сторон растягивается.

В нашем случае вес динамометрического вагона, 62,2 т, был вполне достаточным для испытаний. Поэтому одна сцепная упряжь вагона соединялась с мотовозом, а противоположная была свободной. В силу этих обстоятельств весь сцепной прибор динамометрического вагона несколько смещался в сторону мотовоза, на что шло значительное тяговое усилие, не отраженное в записях приборов.

На основании этого, приводимые ниже графики динамометрических испытаний на газе и бензине правильнее рассматривать только в сравнении, а не по абсолютной величине записанных тяговых усилий. Кроме того, следует учитывать, что испытания на газе производились в период освоения машинистами газогенераторного процесса, и, в дальнейшем, с развитием стахановского движения, на этом же профиле, в эксплуатационной работе получены значительно более высокие показатели.

На рис. 11 представлен график трех поездок: 1) поездка на газе; 2) поездка на газе; 3) поездка на бензине.

Нижняя кривая изображает профиль пути между станциями „А“ и „В“ (общая длина участка 20 км).

Краткая характеристика профиля (от „В“ к „А“) следующая: станция отправления „В“ расположена на площадке длиной 250 м, затем подъем — 2/1000 длиной 181 м; после площадки (63 м) идет подъем от 2/1000 до 6/1000 на расстоянии 2100 м. Далее, основным профилем является площадка с небольшими короткими подъемами и спусками.

Среднее семейство кривых показывает тяговые усилия, развитые мотовозом в течение каждой поездки, верхние кривые, соответственно — скорости.

Результаты опытных поездок, вкратце, следующие:

1. Вес рабочего мотовоза 11,3 т
2. Вес прицепа 62,2 т
3. Скорость, развитая мотовозом при работе на бензине:
 - максимальная 35 км/час.
 - средняя техническая 20,7 км/час.
4. Скорость, развитая мотовозом при работе на газе:
 - максимальная 31 км/час.
 - средняя техническая 17,9 км/час.
5. Потеря скорости при переходе на газ (по средней технической) 13%
6. Тяговые усилия, развитые мотовозом при работе на бензине:
 - максимальное (мгновенное) 1360 кг
 - максимальное (длительное) 480 кг
7. Тяговые усилия, развитые мотовозом при работе на газе:
 - максимальное (мгновенное) 2180 кг
 - максимальное (длительное) 640 кг

На рис. (12) вычерчена диаграмма второго динамометрического испытания в условиях маневровой работы мотовоза.

Профиль пути: подъем 12/1000, длиной в 1 км, далее площадка (1400 м) и снова подъем 12/1000 (700 м).

Результаты испытаний на газе следующие:

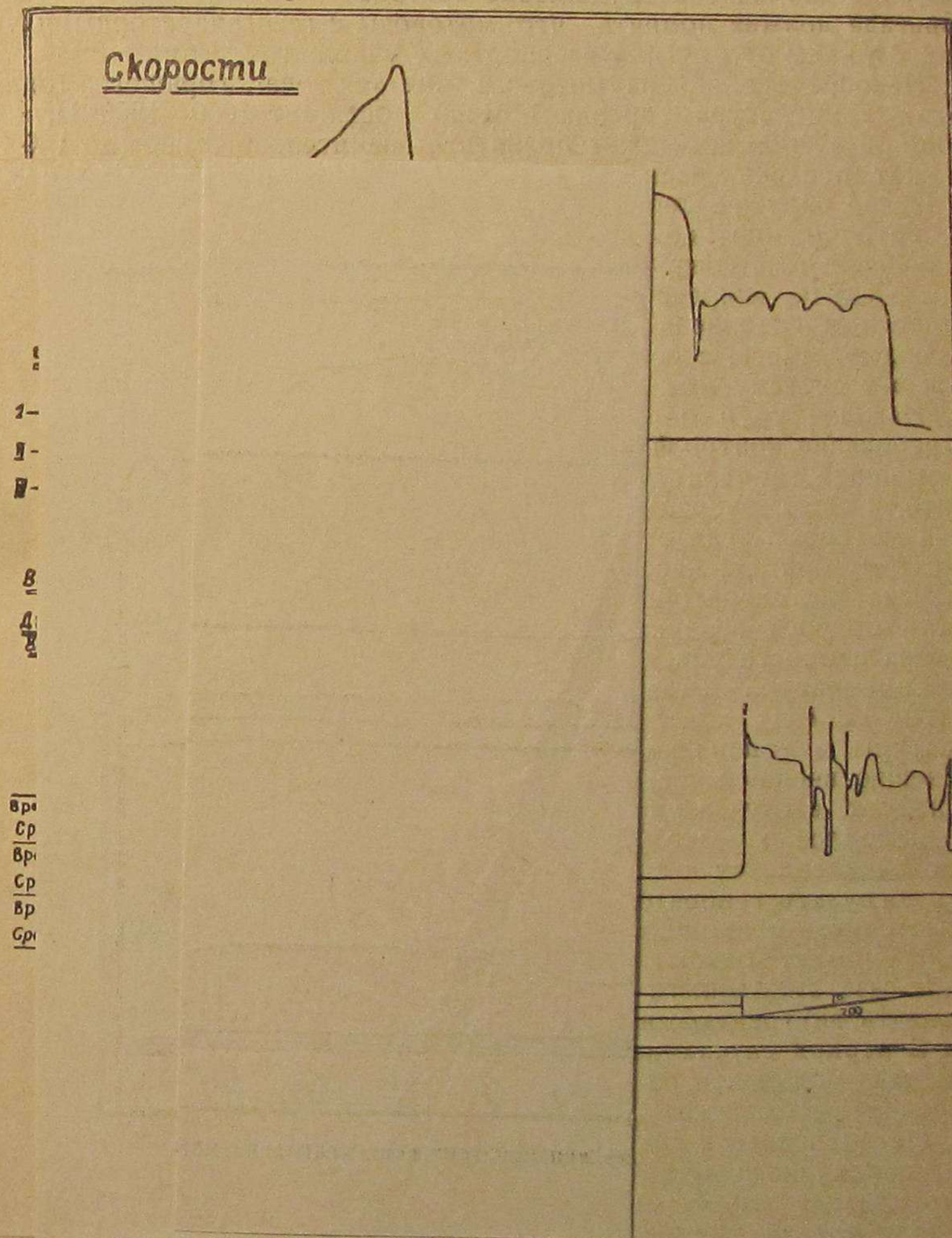
1. Вес прицепного состава 94 т
2. Средняя скорость на двенадцатитысячном подъеме 6,5 км/час.
3. Максимальные тяговые усилия:
 - мгновенное 2900 кг
 - длительное 1150 кг

На бензине с этим составом подъем взять не смогли. Это, конечно, не позволяет делать заключение об уже достигнутом превышении бензиновой мощности мотовоза при переходе на генераторный газ из антрацита (хотя принципиально имеется возможность в будущем перекрыть бензиновую мощность мотовоза). Такое заключение было бы преждевременным. То, что на бензине этот подъем мотовоз взять не смог, мы склонны объяснить неотрегулированностью карбюратора на такую нагрузку.

Следует отметить, что по заводским паспортным данным расчетной нагрузкой на таких подъемах принято 75 т при скорости 6 км/час.

Таким образом паспортные данные газогенераторным мотовозом в данном конкретном случае значительно перекрыты.

Результаты динамометрических испытаний частично подтверждают наши ожидания, что при умелом обслуживании установки, даже без каких-либо усовершенствований мотора с переводом его на генераторный газ из антрацита, мотовозом можно производить прежние операции как на маневрах, так и с рабочими поездами с меньшей скоростью.



при работе на бензине на подъеме 12/1000 — 75 т. $V = 6 \frac{\text{км}}{\text{час}}$

Рис. 12. Динамометрические испытания мотовоза с газогенераторной установкой на антраците.

На рис. 11 представлен график трех поездок: 1) поездка на газе 2) поездка на газе; 3) поездка на бензине.

Нижняя кривая изображает профиль пути между станциями „А“ и „В“ (общая длина участка 20 км).

Краткая характеристика профиля (от „В“ к „А“) следующая: станция отправления „В“ расположена на площадке длиной 250 м; затем подъем — 2/1000 длиной 181 м; после площадки (63 м) идет подъем от 2/1000 до 6/1000 на расстоянии 2100 м. Далее, основным профилем является площадка с небольшими короткими подъемами и спусками.

Среднее семейство кривых показывает тяговые усилия, развитые мотовозом в течение каждой поездки, верхние кривые, соответственно — скорости.

Результаты опытных поездок, вкратце следующие:

1. Вес рабочего мотовоза .
2. Вес прицепа .
3. Скорость, развитая мотовозом на бензине:

максимальная
средняя техн

4. Скорость, развитая мотовозом на газе:

максимальная
средняя техн

5. Потеря скорости при переключении технической

6. Тяговые усилия, развитые мотовозом на бензине:

максимальное
максимальное

7. Тяговые усилия, развитые мотовозом на газе:

максимальное
максимальное

На рис. (12) вычерчена диаграмма испытаний в условиях маневровой работы. Профиль пути: подъем 12/1 (1400 м) и снова подъем 12/1000 (700 м). Результаты испытаний на газе:

1. Вес прицепного состава .
2. Средняя скорость на двух подъемах .
3. Максимальные тяговые усилия:

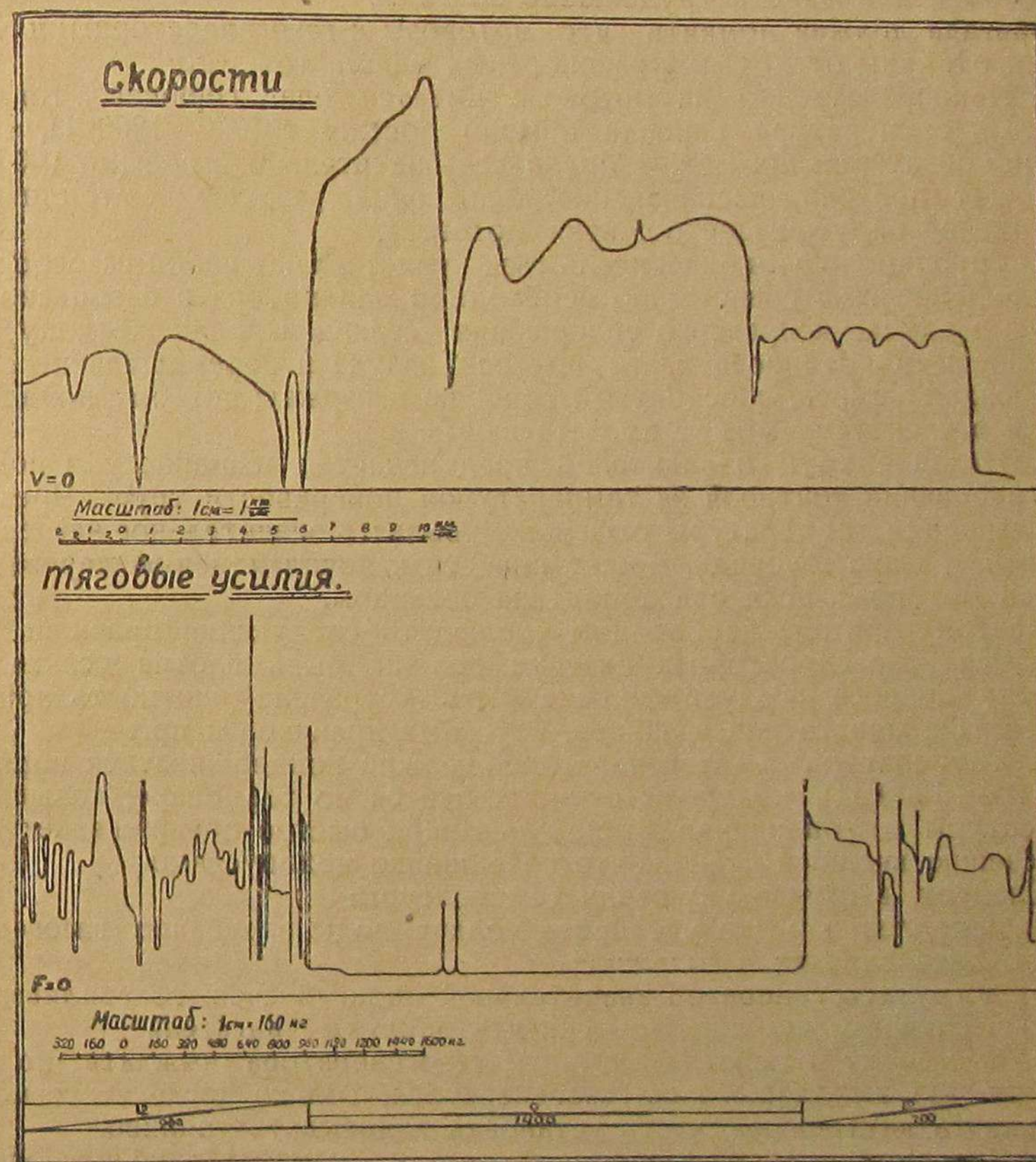
мгновенное
длительное

На бензине с этим составом не позволяет делать заключение о новой мощности мотовоза при переключении (хотя принципиально имеется бензиновая мощность мотовоза). Такое заключение можно сделать только на газе. То, что на бензине этот подъем мотовоз взять не смог, мы склонны объяснить неотрегулированностью карбюратора на такую нагрузку.

Следует отметить, что по заводским паспортным данным расчетной нагрузкой на таких подъемах принято 75 т при скорости 6 км/час.

Таким образом паспортные данные газогенераторным мотовозом в данном конкретном случае значительно перекрыты.

Результаты динамометрических испытаний частично подтверждают наши ожидания, что при умелом обслуживании установки, даже без каких-либо усовершенствований мотора с переводом его на генераторный газ из антрацита, мотовозом можно производить прежние операции как на маневрах, так и с рабочими поездами с меньшей скоростью.



Вес поезда 94 т.

Подъем 12/1000

Сред. скорость 6,5 км/ч

Нормальная (паспортная) нагрузка

при работе на бензине на подъеме

12/1000 — 75 т V = 6 км/ч

Рис. 12. Динамометрические испытания мотовоза с газогенераторной установкой на антраците.

Условные обозначения

- 1 — поездка на газе из В. в Л.
 II — поездка на газе из Л. в В.
 III — поездка на бензине из В. в Л.

Вес поезда 62 тн.

Динамометрический вагон А. 7. ж. д.
 № 57.

Время I поездки 67 мин.
 Средняя скорость 17,9 км/ч.
 Время II поездки 67 мин.
 Средняя скорость 17,9 км/ч.
 Время III поездки 58 мин.
 Средняя скорость 20,1 км/ч.

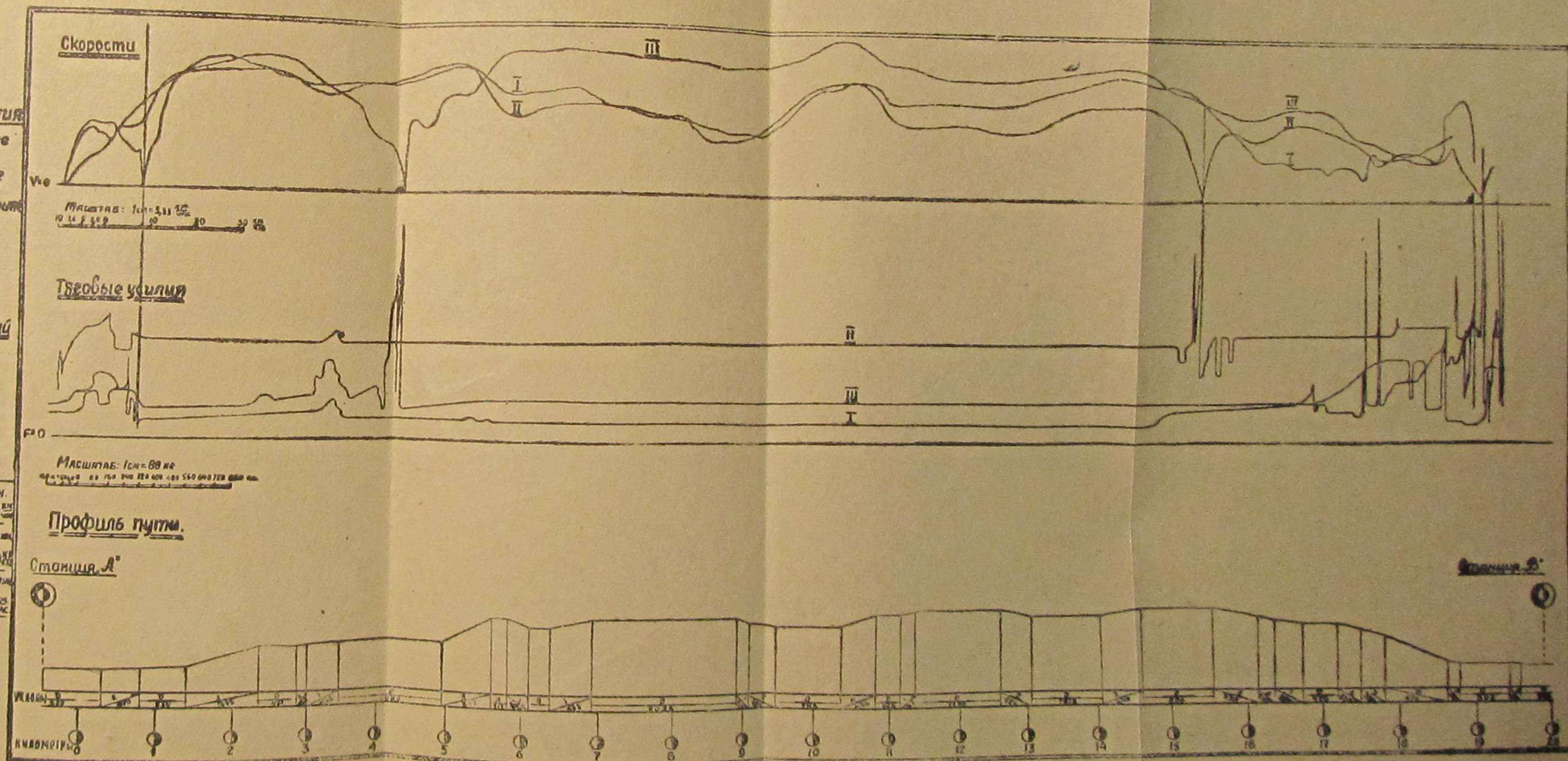


Рис. 11. Сравнительные динамометрические испытания моторного вагона на бензине и генераторном газе из антрацита.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И УХОД ЗА УСТАНОВКОЙ.

Управление газогенераторной установкой предъявляет дополнительные требования к знаниям бригады.

Процесс управления газогенераторной установкой сам по себе не сложный и легко усваивается, как показал опыт, в 5—10-дневный срок, но для получения положительных результатов в эксплуатации необходимы особое внимание и трудолюбие бригады.

Бригада должна помнить, что мотовозы с газогенераторными установками отличны от других транспортных машин тем, что:

1. Непосредственно на мотовозе имеется очаг горящего топлива; при этом температура горения обычно достигает $1000-1200^{\circ}\text{C}$, а при неумелом обслуживании может подняться значительно выше (до 1600°C), что может повлечь расплавление колосников, разрушение топливника и возгорание окружающей обшивки мотовоза.

2. Трубопроводы и очиститель газа представляют собой газосборник. Это скопление газа совершенно необходимо для мотора и безопасно для бригады в случае исправного содержания установки. Если же допустить неплотности в соединениях, то подсос воздуха и перемешивание его с газом создают смесь, способную к горению и взрыву; поэтому попадание искры в эту систему может вызвать взрыв.

3. Наличие труб-охладителей предъявляет к машинисту и помощнику требование контроля за температурой поверхности труб. Чрезмерное повышение температуры газа может вызвать значительное нагревание труб, что, в свою очередь, может повести к воспламенению деревянной обшивки мотовоза, если она пропитана бензином.

Поэтому бригаде необходимо соблюдать следующие правила:

1. Вся газогенераторная система должна быть плотна, всякая возможность подсоса воздуха должна быть устранена (плотность крышек генератора и очистителя, фланцев, спускных краников и пр.).

2. Температура в газогенераторе должна поддерживаться нормальной ($1100-1200^{\circ}\text{C}$), контроль осуществляется по термопаре; повышение температуры в топливнике выше указанной быстро обнаруживается по покраснению внешней стенки, что совершенно недопустимо.

Следует, в случае упущения температуры:

а) немедленно резко увеличить подачу воды в рубашку газогенератора до появления ее в зольнике;

б) догрузить генератор значительной порцией свежего топлива;

в) в случае возможности — снизить обороты двигателя.

3. В момент открытия крышки газогенератора выждать полного сгорания газа, выходящего из газогенератора. Только после этого можно осматривать внутреннюю часть установки и досыпать топливо.

4. В период спуска конденсата, чистки и осмотра труб или очистителя нельзя подносить близко к газовому отверстию горящий или тлеющий предмет. Это может повлечь взрыв.

5. Не подносить к смесителю горящих предметов (в период осмотра, чистки топливника и пр.); в этом отношении следует в полной мере соблюдать правила работы на мотовозах о запрещении курения в кабине.

6. При чистке топливника тушить шлаки и выброшенное топливо, не оставляя горящим его на железнодорожном полотне.

7. Следить за правильным положением зажигания мотора, так как слишком раннее зажигание может привести к горению газа в подводящих трубах, смесителе и далее, а слишком позднее зажигание может привести к горению газа в выхлопной трубе с вытекающими отсюда последствиями.

8. Бригаде следует быть осторожной по предохранению себя от ожогов в результате прикосновения к генератору, трубам, очистителю и проч.

9. На мотовозе должно быть 2 исправных огнетушителя, песок и 1 м толстого войлока.

10. Бригада, работающая на мотовозах с генераторной установкой, должна иметь при себе краткую инструкцию по уходу за установкой и технике безопасности.

Розжиг газогенератора производится следующим образом:

1. В свободный от угля и шлака топливник через открытый секторный затвор бункера забрасываются сухие мелкие дрова, так чтобы высота слоя дров была порядка 100—150 мм от колосниковой решетки. При этом дрова должны быть уложены по всей плоскости колосниковой решетки. Не допускается вертикальное положение длинных обрубков, так как это вызовет местные прогары угля и порчу газа.

Дрова поджигаются снизу, через колосниковую решетку горячей паклей, смоченной керосином.

Верхняя и нижняя крышки генератора оставляются открытыми до тех пор, пока не обогрется генератор и не подгорят равномерно все дрова. Засыпать первую порцию антрацита следует тогда, когда все дрова горят светлокрасным коротким пламенем (не дымя).

Первая порция антрацита должна составлять 5—7 кг (половина обычного ведра), целесообразно первую порцию угля засыпать марки „АС“ (семечка), что уменьшает провал топлива во время розжига, так как „АЗ“ (зубок) имеет много слишком мелких зерен, просыпающихся через отверстия в колосниках и замедляющих розжиг.

Три-четыре минуты дается на прогрев и воспламенение засыпанного в топливник антрацита, затем досыпается еще 5—7 кг антрацита (теперь уже можно сыпать „АЗ“), закрывается секторный затвор бункера, в бункер засыпается любое количество топлива, закрываются нижняя и верхняя крышки генератора и начинается так называемое раздувание генератора мотором.

2. Раздувание, или розжиг, генератора мотором состоит в том, что, давая большие обороты двигателю на бензине, перекрывают бензиновую заслонку и открывают газовую, а при нашей конструкции газобензино-переключателя — поворачивают трехпроходную пробку с бензина на газ.

Мотор, продолжая вращаться и дожигая засосанную бензино-воздушную смесь, а также используя силы инерции, создает разрежение в газогенераторной системе; в этот период под колосниковую решетку энергично поступает воздух.

Постепенно обороты двигателя падают, вследствие чего нужно снова закрыть „газ“ и открыть „бензин“. Эти операции повторяются несколько раз.

В это время воздушная заслонка смесителя плотно закрыта. Когда температура газа за генератором начинает возрастать и достигает $60-70^{\circ}\text{C}$ (контроль температур газа лучше всего производить по градуированной термопаре с гальванометром), следует плавно открыть воздушную заслонку смесителя. Если, как говорят, „газ готов“, то при некотором положении воздушной заслонки появятся характерные, сначала редкие, а потом частые хлопки газа в моторе.

Далее, нужно отрегулировать положение смесителя на нормальную смесь, одновременно поставив опережение „раньше“.

При работе на генераторном газе вообще, а из антрацита в частности, нужно устанавливать опережение более раннее, чем для бензина. Это диктуется свойствами сгорания газовойоздушной смеси.

Раздувка генератора мотором может производиться и другим способом: дроссель „бензина“ и „газа“ ставят в некоторое промежуточное положение так, что мотор, работая на бензине, одновременно подсасывает бензино-воздушную смесь из карбюратора и воздух из газогенераторной системы.

Таким образом, двигатель непрерывно работает на малых оборотах, все время просасывая воздух через генератор.

Появление работоспособного газа сейчас же скажется на работе двигателя.

После этого выключается бензин, и двигатель переводят полностью на газ.

При надлежащем внимании весь розжиг генератора должен занимать 10, максимум 15 минут. На одну такую операцию, нормально, уходит от 200 до 250 г бензина.

В момент пуска мотора на газ, а еще лучше в период раздувки генератора мотором, следует открыть калиброванный краник из водяного бака на малую дозировку.

Как только процесс установился, правильное питание генератора водой должно быть одной из главных задач шофера, так как недостаточная подача воды сейчас же сказывается в ухудшении теплотворной способности газа, одновременно длительный избыток пара может повести к понижению общего коэффициента полезного действия установки, снижению температуры процесса, а также к конденсации избытка пара, не вступившего в реакцию во всей системе газопроводов.

Правильное регулирование подачи воды в генератор в нашей установке, которая пока не имеет автоматической связи между оборотами двигателя и пуском воды, дело практики и внимания бригады.

Обычно нужно испарять, примерно, 0,3-0,4 л воды на 1 кг сожженного топлива.

После пуска мотора на газ следует немедленно открыть пробки на холодильных коллекторах и спустить конденсат, который мог скопиться в период розжига. Эта операция должна повторяться через каждые 3-4 часа в летнее время и 1-2 часа в зимнее.

Наблюдение и уход за генераторной установкой во время работы на газе сводятся к периодической подгрузке угля из бункера в топливник, при этом, естественно, частота операций зависит от характера работы; но следует иметь в виду, что генератор чувствует себя тем лучше, чем чаще подсыпается свежее топливо и чем меньше единовременная порция этого топлива.

В случае появления местных прогаров (температура газа будет быстро возрастать, доходя до 600—700° Ц, а качество газа снижаться, что почувствуется по работе двигателя), необходимо повторными качаниями колосниковой решетки пошуровать и выбросить часть шлаков, а затем подсыпать свежего топлива, при этом небольшой слой шлака в генераторе нужно оставлять для сохранения колосниковой решетки от горения.

Газогенератор не любит длительных режимов на слишком малых оборотах, так как процесс „затухает“, поэтому целесообразно на стоянке чередовать малые обороты (8—15 минут) с средними (1-2 минуты).

На длительных стоянках (2-3 часа) следует заглушить мотор, оставив на это время открытыми затвор бункера и верхнюю и нижнюю крышки генератора.

Получение работоспособного газа после такого простоя обычно отнимает 5-6 минут.

В качестве иллюстрации эксплуатации мотовоза с газогенераторной установкой приведем таблицу учета работы (старший машинист В. Т. Скидан, помощник М. Мишенев), составленную по маршрутам депо. В таблицу сведены рядовые данные.

Таблица 16.

Месяц и число	Род работы по маршруту	Расстояние в один конец без маневр. в километрах	Число рабочих часов (с маневра- ми)	Выпол- нение задания работы	Расход бензина в килограммах	Расход угля в килограммах	Обычный расход бензина бензино- вым мо- тором в кило- граммах
Апрель	Перевозка рабочих и маневровая служба	—	11	—	18	100	70—75
9	То же	—	12	—	5	100	70—80
10	То же	—	12	—	5	150	80—90
11	То же	—	9	—	5	130	60—70
12	То же	—	9	—	18	100	60—70
13	То же	—	8,5	—	18	120	60—70
14	Батайск—Азов и об- ратно с рабочим поездом	30	8	По графику	12	130	75
16	То же	30	8,5	С нагон. в 14 мин	8	150	80
17	То же	30	8,5	С нагон. в 4 мин.	15	150	80
18	Батайск—Сальск и обратно с груже- ным поездом (ма- невры на всех про- межуточных стан- циях)	180	36	По графику	50	400	250
20	То же	180	36	"	70	450	280
Июнь	То же	180	36	Опозд. на 20 мин.	55	500	240
1	То же	180	36	"	45	550	220
7	То же	180	36	"	35	600	270
10	То же	180	36	"	18	700	340
14	То же	180	36	"	30	700	360
19	То же	180	36	"			
27	То же	180	36	"			

Примечание. Расход бензина в последней графе выведен на основании работы мотовозов на бензине, исходя из нормы на тонно-километр и час маневровой работы.

Как следует из приведенной таблицы, даже в период незаконченного освоения, эксплуатация антрацитовых газогенераторных установок дает ощутительный экономический эффект и сохраняет нашей Социалистической Родине большое количество ценного топлива — бензина.

Следует отметить, что с начала лабораторных исследований и до введения в эксплуатацию первых экземпляров мотовозов генераторными установками пройден довольно длинный путь в искании подходящего топлива.

Сначала антрацит „мелочь“ (АМ), затем „семечка“ (АС) и, наконец, „зубок“ (АЗ).

Антрацит марки АМ, в наших условиях, мало, почти совершенно, не пригоден.

Антрацит-семечка, особенно мытый, обнаружил полную пригодность для нашего генератора.

Но наилучшим топливом для мобильных антрацитовых генераторов следует считать антрацит-зубок, мытый и сортированный.

Этот сорт антрацита быстро и равномерно прогревается в генераторах описанных конструкций, дает хороший газ и, кроме того, „зубок“ является наиболее дешевым топливом из всех подходящих для газификации марок антрацита.

ВЫВОДЫ.

1. Экономический и народно-хозяйственный эффект замены в автомоторах бензина генераторным газом из антрацита настолько ощутителен, что созрела необходимость серийного выпуска мотовозов, оборудованных газогенераторными установками.

2. Дальнейшее исследование процесса газификации антрацита в мобильных установках транспортного типа должно быть направлено на отыскание оптимальных условий образования устойчивого генераторного газа при переменных нагрузках. Видимо, следует идти на повышение напряжения колосниковой решетки.

3. Дальнейшее улучшение отдельных узлов газогенераторной установки должно автоматизировать смешение газа с воздухом, подачу воды в генератор и пр.

4. Корродирующее действие серы на мотор и установку — не активное, допускающее возможность работы автомобильного мотора генераторным газом из антрацита без химической очистки (за 6 месяцев эксплуатации следов коррозии не обнаружено). Следует продолжить и расширить исследования для подкрепления этого вывода, сделанного на основании, главным образом, эксплуатации.

Пользуясь случаем, выношу искреннюю благодарность консультантам профессору В. И. Федоровскому и инж. Е. И. Медведь, оказавшим большую помощь в успешном проведении всей работы.

В заключение необходимо отметить большую работу, сделанную первыми мотовозниками-газогенераторщиками Батайского депо Азово-Черноморской железной дороги, особенно шофером т. В. Т. Скидан и помощником т. М. Мишеневым, которые вместе со всей газогенераторной группой нашего Института в составе инженеров И. Ф. Лашкова, С. В. Шугаева и И. В. Козлова испытали все трудности экспериментов, наладки и освоения.

Обстановка полной поддержки и помощи со стороны руководства дороги и Мотовозного депо в проведении экспериментов, не всегда обеспеченных успехом, а также материальное участие в постройке опытных установок, создали условия для сравнительно быстрого и удачного решения первой части этого достаточно сложного и большого вопроса.